

ÖZET

HIZLI TARAMA DÖNGÜSEL VOLTAMETRİ CİHAZI İÇİN ÜÇGEN DALGA ŞEKLİ ÜRETECİ

5

Söz konusu olan buluş, FSCV tekniğini uygulayarak dopamin ölçümü yapabilen yeni bir biyomedikal cihaz ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Beyinde dopamin konsantrasyonundaki değişimleri ölçmeyi sağlayan cihaz **olup özelliği**; Faz kilitleme döngüsü (PLL) aracılığıyla şehir şebekesindeki sinyalin fazı tespit eden ve bu sinyalin fazına kilitlenmiş şekilde üçgen şekilli dalga üreten ve bu dalga şeklini mikroelektroda uygulanmak üzere akın voltaj çeviricisine gönderen üçgen dalga üretici içermesidir.

2. İstem 1'e göre cihaz **olup özelliği**; bahsi geçen üçgen dalga üreticinin;

- Faz kilitleme döngüsünden (PLL) (4) gelen girdilere göre faz şehir şebekesi sinyaline kilitlenmiş darbe sinyalleri üretilmesini sağlayan mikroişlemci (7),
 - Mikroişlemcinin ürettiği darbe sinyalleri için voltaj karşılaştırma yapma ve optokuplörün (U2) girişine ürettiği darbe sinyalinin uygulanmasını sağlayan komparatör entegre devresi (U1),
 - Mikroişlemci (7) ile Dalga Şekli Üretici (3) arasındaki elektriksel izolasyonu sağlayan böylece mikroişlemciden kaynaklanan elektriksel gürültünün üretilen üçgen şekilli dalgaya girişim yapmasını önleyen optokuplör (U2),
 - Optokuplör (U2) çıkışında darbe sinyali üretimini sağlayan komparatör entegre devresi (U3),
 - Üretilen darbe sinyalinin genliğinin azaltılması ve kaydedilmesi sağlayan operasyonel amplifikatör (opamp) entegre devresi (U4),
 - Darbe sinyalinin üçgen şekilli dalga haline çevrilmesi için darbe sinyalinin entegralinin alınmasını sağlayan U5 opampı,
 - Entegral almayı sağlayan opampın (U5) doyuma ulaşmasını engelleyen ve entegral alma işleminin sorunsuz şekilde yapılmasını sağlayan diyot (D2),
 - Üçgen şekilli dalga genliğinin yukarıya da aşağıya doğru kaydedilmesi sağlayan U6 opampı,
 - Üçgen şekilli dalga tepeden tepeye genliğinin ayarlanması sağlayan U7 opampı
- unsurları içermesidir.

3. Beyin dokusunun içine implant edilen mikroelettrot (1), beyin veya başka bir doku içersine implant edilen referans elettrot (2), şehir şebekesinden kaynaklanan gürültü girişimlerini bertaraf etmek için kullanılan, hızlı tarama döngüsel voltametri (FSCV) cihazında faz kilitleme döngüsü (PLL) (4), üçgen dalga şeklinin mikroelettroda (1) uygulanmasını sağlayan akım voltaj çeviricisi (5), voltaja çevrilmiş olan arka plan akımı ve Faraday akımı değerlerinin kaydedilmesini sağlayan analogdan sayısal çevirici ve veri kaydedici (6) unsurlarını içeren cihaz **olup özelliği**; istem 2 de bahsi geçen üçgen dalga üreticini içermesidir.

4. İstem 3'e göre cihazın çalışma yöntemi **olup özelliği**;

- Mikroelettrodun (1) beyin dokusunun içine ve referans elettrodun (2) beyin veya başka bir doku içersine implant edilmesi,
- Dalga şekli üretici (3) ile üçgen şekilli dalga üretilmesi,
- Dalga şekli üreticinin (3), bu dalga şeklini mikroelettroda (1) uygulanmak üzere akım voltaj çeviricisine (5) göndermesi,
- Akım voltaj çeviricisinin (5), üçgen dalga şeklini mikroelettroda (1) uygulaması,
- Üçgen şekilli dalga uygulanması ile mikroelettrot (1) üzerinde arka plan akım elde edilmesi,
- Elde edilen arka plan akımının yanısıra, üçgen şekilli dalga mikroelettroda uygulanmasıyla mikroelettrot ucundaki dopaminin indirgenmesi ve yükseltgenmesi,
- Bu kimyasal tepkime sonucunda arka plan akımına ek olarak mikroelettrot üzerinde dopamin konsantrasyonu ile doğru orantılı olacak şekilde Faraday akımı elde edilmesi,
- Elde edilen arka plan akımı ve Faraday akımının birlikte akım voltaj çevirici (5) aracılığıyla voltaja çevrilmesi ve analogdan sayısal çevirici ve veri kaydediciye (6) gönderilmesi,
- Analogdan sayısal çevirici ve veri kaydedicinin (6), voltaja çevrilmiş olan arka plan ve Faraday akım değerlerini kaydetmesi,
- Kayıtlar bittikten sonra arka plan akımının kaydedilen akım değerlerinden matematiksel olarak çıkarma işlemiyle çıkarılması ve işlem sonucunda ortamdaki dopamin konsantrasyonuna karşılık gelen Faraday akımının elde kalması.

- Elde edilen Faraday akımı ile ortamdaki dopamin konsantrasyonu arasındaki doğrusal ilişkiyi kullanarak ve orantı hesaplayarak dopamin konsantrasyonunun tespit edilmesi, işlem adımlarını içermesidir.

5 5. İstem 1 veya istem 3'e göre cihaz **olup özelliği**; bahsi geçen cihazın hız tarama döngüsel voltametri cihazı olmasıdır.

10

15

20

25

30

TARİFNAME

HIZLI TARAMA DÖNGÜSEL VOLTAMETRİ CİHAZI İÇİN ÜÇGEN DALGA ŞEKLİ ÜRETECİ

5

BULUŞUN İLGİLİ OLDUĞU TEKNİK ALAN

Söz konusu olan buluş, Hızlı Tarama Döngüsel Voltametri (FSCV) tekniğini uygulayarak dopamin ölçümü yapabilen yeni bir biyomedikal cihaz ile ilgilidir.

10

TEKNİĞİN BİLİNER DURUMU

Tekniğinin bilinen durumunda yer alan uygulamalar, patent dokümanları ve sistemlerde “Dalga Şekli Üreteci” parçasında bir sayısaldan analoga çeviricinin (digital-to-analog converter-DAC) bir mikroişlemci ile kontrol edildiği ve dopamin ölçümü için gerekli üçgen şekilli dalga DAC aracılığıyla üretildiği görülmektedir. Ancak bu sistem yüksek maliyetlidir.

15

Yine önceki tekniklerde beyindeki nörotransmitter konsantrasyonundaki değişimleri ölçmek için FSCV tekniğini uygulayan sistem geliştirilmiştir. Ancak FSCV tekniğini uygulamak için gerekli voltametrik dalga şekli sayısaldan analoga dönüştürücü (DAC) ve mikroişlemci ile üretilmiştir (Şekil 2).

20

Mevcut buluşlarda sayısaldan analoga çevirici hazır entegre devre olarak üreticilerden satın alınmakta, mikroışlemciden verilen komutlar aracılığıyla istenilen üçgen şekilli voltametrik dalga şeklini üretmesi sağlanmaktadır.

25

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Mevcut buluş yukarıda bahsedilen dezavantajları ortadan kaldırmak ve ilgili teknik alana yeni avantajlar getirmek üzere, FSCV tekniğini uygulayarak dopamin ölçümü yapabilen yeni bir biyomedikal cihaz ile ilgilidir.

30

Dopamin beyinde salınan bir nörotransmitterdir. Motor kontrol, motor öğrenme, pekiştirmeli öğrenme, motivasyon ve karar vermede kritik öneme sahiptir. Dopamin salıyan nöronlarda oluşan hasarlar Parkinson hastalığına yol açmaktadır. Dopaminerjik sistemdeki bozuklukların ise şizofreni, depresyon ve madde bağımlılığı gibi nöropsikiyatrik hastalıklara neden olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden, günümüzde dopaminerjik sistem fizyolojisini anlamaya yönelik çalışmalar önemli ve aktif bir araştırma konusudur.

Beyin yapısında dopamin konsantrasyonundaki değişimleri ‘hızlı tarama döngüsel voltametri (fast scan cyclic voltammetry - FSCV)’ tekniğini kullanarak yüksek zamansal çözünürlükte (100 milisaniyelik aralıklarla) ölçmek mümkündür. Teknik günümüzde insanlarla ve hayvanlarla gerçekleştirilen deneylerde beyinde dopamin konsantrasyonu değişimlerini ölçmek için kullanılmaktadır. Tekniğin insanlar için nöroprotezlerde kullanıma potansiyeli vardır.

FSCV tekniğini uygulamak için bir mikroelettrot beyin dokusunda hedeflenen bölgeye yerleştirilmektedir. Yerleştirilen bu mikroelettroda üçgen şekilli voltametrik dalga uygulanmakta ve mikroelettrodun ucundaki dopaminin indirgenmesinden/yükseltgenmesinden kaynaklanan akım ölçülmektedir. Ölçülen akım değerinden hareketle dopamin konsantrasyonundaki değişimler anlık olarak saptanabilmektedir.

Söz konusu olan buluşta, beyin dokusuna uygulanan üçgen şekilli voltametrik dalga üretimi daha düşük maliyetli devre bileşenleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Biyomedikal ve nöro bilim araştırmalarında ve cihaz uygulamalarında beyin dokusunda dopamin konsantrasyonundaki değişimleri gerçek-zamanlı olarak ölçmeyi ve izlemeyi mümkün hale getirmektedir.

Buluş, dopamin konsantrasyonu ölçümü için biyomedikal ve diğer endüstriyel cihazlarda da kullanılabilir.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

Söz konusu olan hızlı tarama döngüsel voltametri cihazı için üçgen dalga şekli üreticinin daha iyi anlaşılabilmesi adına hazırlanan şekiller aşağıda açıklanmaktadır.

- 5 Şekil 1 Hızlı Tarama Döngüsel Voltametri Cihazı Şeması (WE: Dopamin kaydı için kullanılan mikroelettrot, RE: referans elettrot, GND: Toprak).

- Şekil 2 Mevcut Sistemlerdeki "Dalga Şekli Üretici" (PLL: Faz Kilitleme Döngüsü, MCU: Mikroişlemci) (ÖNCEKİ TEKNİK). Mevcut sistemlerde dalga şekli üretici bir mikroişlemci (MCU) ve Sayısal Analog Dönüştürücüden oluşmaktadır.

Şekil 3 Buluştaki "Dalga Şekli Üretici" (PLL: Faz Kilitleme Döngüsü; MCU: Mikroişlemci; U1-U3: komparator; U4-U5-U6-U7: op-amp, U2: optokuplör).

- 15 Şekil 4 Hızlı tarama döngüsel voltametri ile dopamin ölçümü için çoğunlukla kullanılan üçgen şekilli voltametrik dalga.

- Şekil 5 Buluşun kullanıldığı bir deneyde elde edilen dopamin konsantrasyonu ölçümü. Şekil 5'te alttaki grafikte y-ekseninde "Dalga Şekli Üretici" ile üretilen üçgen şekilli dalga gerilim değeri gösterilmektedir. X-ekseni saniye biriminden zamanı göstermektedir. Siyah renkli ok beyine yerleştirilmiş mikroelettrot ucunda dopamin konsantrasyonu değişimine bağlı olarak Faraday akımındaki değişimi işaret etmektedir. Bu grafiğe voltamogram denilmektedir. Şekil 5'te üstteki grafikte bu voltamogramdan hareketle elde edilen dopamin konsantrasyonundaki değişim gösterilmektedir. Grafikte y-ekseninde dopamin konsantrasyonu, x-ekseninde saniye birimden zamanı göstermektedir.

REFERANS NUMARALARI

- Bu buluşla geliştirilen, hızlı tarama döngüsel voltametri cihazı için üçgen dalga şekli üreticinin daha iyi açıklanabilmesi için parçalar/kısımlar/unsurlar ayrı ayrı numaralandırılmış olup her bir numaranın açıklaması aşağıda verilmektedir.

- 1 Mikroelektrot (WE)
- 2 Referans Elektrot (RE)
- 3 Dalga Şekli Üreteci (Waveform Generator)
- 4 Faz Kilitleme Döngüsü (PLL)
- 5 5 Akım Voltaj Çevirici
- 6 Analogdan Sayısal Çevirici ve Veri Kaydedici
- 7 Mikroişlemci
- 8 Sayısal Analoga Dönüştürücü (DAC)

10 BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

Bu detaylı açıklamada buluş konusu yenilik sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak örneklerle açıklanmaktadır.

Söz konusu olan buluş, hızlı tarama döngüsel voltametri cihazı ve bu cihaz için üçgen dalga şekli üreteci ile ilgilidir. Buluş ile hızlı tarama döngüsel voltametri (fast-scan cyclic voltammetry - FSCV) cihazı için yeni bir parça sunulmaktadır. FSCV tekniğinde ve cihazında, üçgen şekilli voltametrik dalga belirli gerilim aralığında üretilir ve beyin dokusuna yerleştirilen bir mikroelettroda uygulanır. Üçgen şekilli voltametrik dalga genellikle -0,4 Volt ile +1,3 Volt aralığında üretilir. Üçgen şekilli dalga'nın başlangıç gerilim değeri (-0,4 Volt) ve tepe gerilim değeri (+1,3 Volt) dopaminin yükseltgenme ve indirgenme (sırasıyla 0,7 Volt ve -0,3 Volt) gerilimine göre ve bu gerilimleri tarayacak şekilde seçilmektedir. Mikroelettroda uygulanmakta olan üçgen şekilli dalga'nın gerilim değeri -0,4 Volt'tan başlayıp tepe değeri olan 1,3 Volt'a çıkarken 0,7 Volt'a ulaştığında mikroelettrot ucundaki dopamin yükseltgenir ve dopamine-o-quinone'a dönüşür. 1,3 Volt'tan -0,4 Volt'a inerken -0,3 Volt'a ulaştığında ise dopamine-o-quinone indirgenerek tekrar dopamine dönüşür. Gerçekleşen bu kimyasal tepkimeler sırasında mikroelettrot ile dopamin arasında elektron alışverişi gerçekleşir. Elektron alışverişiyle oluşan akım FSCV cihazının "Akım Voltaj Çevirici" parçasıyla gerilime dönüştürülür ve "Analogdan Sayısal Çevirici ve Veri Kaydedici" parçasıyla sayısal sisteme (örn. bilgisayar) kaydedilir. Üçgen şekilli dalga her 100 milisaniyede bir uygulanır, böylece saniyede 10 defa dopamin konsantrasyonu ölçmek mümkün olur. Üçgen dalga'nın eğimi 400 V/s olarak uygulanır böylece ölçümleri 100 milisaniyede bir gerçekleştirmek mümkün olur. Eğer eğim daha düşük bir değerde

olursa mikroelettrodun hassasiyeti daha az olur ve ölçümleri daha seyrek şekilde gerçekleştirmek gerekir. -0,4 Volt ile +1,3 Volt arasındada 400 V/s uygulanan üçgen şekilli dalganın toplam uzunluğu 8,5 milisaniyeye karşılık gelir. Üçgen şekilli dalganın uygulanmadığı zamanlarda mikroelettroda uygulanan gerilim -0,4 Volt'ta tutulur. Böylece mikroelettrodun etrafına daha fazla sayıda dopamin molekülü toplanır ve mikroelettrodun dopamin ölçüm hassasiyeti artırılır. Üçgen dalga şekli Şekil-4'te gösterilmektedir.

Hızlı tarama döngüsel voltametri (fast scan cyclic voltammetry - FSCV) cihazı ve parçaları Şekil 1'de görülmektedir. FSCV cihazı 6 parçadan oluşmaktadır. 1- Mikroelettrot (WE), 2- Referans Elektrot (RE), 3- Dalga Şekli Üreteci (Waveform Generator), 4- Faz Kilitleme Döngüsü (PLL), 5- Akım Voltaj Çevirici, 6- Analogdan Sayısal Çevirici ve Veri Kaydedici. Şekil 1'de şehir şebekesi priz gösterimi de mevcuttur.

Buluş, elektrokimyasal bir teknik olan 'hızlı tarama döngüsel voltametri (fast scan cyclic voltammetry - FSCV)' tekniğini uygulamaktadır. Bu tekniği uygulayarak beyinde dopamin konsantrasyonundaki değişimleri ölçmektedir.

Söz konusu buluşta FSCV tekniğini uygulamak için gerekli olan üçgen şekilli işaret, kare şekilli işaret üreten bir mikroişlemci ve bu kare şekilli işaretin entegralini alan bir analog devre ile üretilmektedir. Bu sayede, sistem bileşenleri daha düşük maliyetli olmaktadır.

Mikroelettrot (1) beyin dokusunun içine ve referans elektrot (2) beyin veya başka bir doku içerisine implant edilir. Dalga şekli üreteci (3), üçgen şekilli dalga üretir. Dalga şekli üreteci (3), bu dalga şeklini mikroelettrot (1)'a uygulanmak üzere akım voltaj çeviricisi (5)'ne gönderir. Akım voltaj çeviricisi, üçgen dalga şeklini mikroelettrot (1)'a uygular. Üçgen şekilli dalganın uygulanması neticesinde mikroelettrot (1) üzerinde akım oluşur. Bu akım, FSCV tekniğinde arka plan akımıdır. Oluşan arka plan akımının yanısıra, üçgen şekilli dalganın mikroelettroda uygulanmasıyla mikroelettrot ucundaki dopamin indirgenir ve yükseltgenir. Bu kimyasal tepkime sonucunda arka plan akımına ek olarak mikroelettrot üzerinde dopamin konsantrasyonu ile doğru orantılı olacak şekilde Faraday akımı oluşur. Oluşan arka plan akımı ve Faraday akımı birlikte akım voltaj çevirici (5) aracılığıyla voltaja çevrilir ve analogdan sayısal

çevirici ve veri kaydedici (6)"ye gönderilir. "Analogdan Sayısal Çevirici & Veri Kaydedici (6)", voltaja çevrilmiş olan arka plan akımı ve Faraday akımı değerlerini yüksek sıklıkla (örn. 100 KHz) kaydeder. Kayıtlar bittikten sonra kaydedilen akım değerlerinden arka plan akımı matematiksel olarak çıkarma işlemiyle çıkarılır ve işlem sonucunda Faraday akımı elde kalır.

5 Elde kalan Faraday akımı ortamdaki dopamin konsantrasyonuna karşı gelir. Hesaplamalar yöntemler kullanılarak Faraday akımından hareketle dopamin konsantrasyonu tespit edilir.

FSCV cihazında faz kilitleme döngüsü (PLL) (4) şehir şebekesinden kaynaklanan gürültü girişimlerini bertaraf etmek için kullanılır. Dalga şekli üretici (3), faz kilitleme döngüsü (PLL) (4) aracılığıyla şehir şebekesindeki sinyalin fazı tespit eder ve üçgen şekilli dalgalar bu sinyalin fazına kilitlenmış şekilde üretir. Böylece, ölçümler sırasında şehir şebekesinden kaynaklanan gürültü girişimleri kaydetme işlemi bittikten sonra matematiksel olarak çıkarma işlemi yapılarak bertaraf edilir.

10

15 Buluşta, Şekil 1'de gösterilen 3 numaralı parça (Dalga Şekli Üretici) yenidir. Mevcut buluşlarda, "Dalga Şekli Üretici" bir en az bir sayısaldan analoga çevirici (digital to analog converter-DAC) ve en az bir mikroişlemci ile meydana getirilmektedir (Şekil 2).

Buluştta, dalga şekli üretici olarak Şekil 3'teki devre sunulmaktadır. Bu tasarımda 2 avantaj bulunmaktadır: 1- Daha düşük maliyetli devre elemanları kullanılmaktadır. 2- Optokuplör kullanılarak mikroişlemcinin ürettiği elektriksel gürültünün üretilen üçgen şekilli dalgaya girişim yapmas önlenmektedir.

20

Buluşun çalışması ile ilgili detaylar aşağıda anlatılmaktadır.

25

Buluşun devre şeması Şekil 3'te görülmektedir. Buluşta "Dalga Şekli Üretici"nde bir mikroişlemci (MCU) yer alır. Mikroişlemci, PLL (4)'den gelen girdilere göre faz şehir şebekesi sinyaline kilitlenmış darbe sinyalleri üretir. U1 numaralı komparatör entegre devresi voltaj karşılaştırması yapar ve optokuplörün (Şekil 3'te U2 numaralı komponent) girişine ürettiği darbe sinyalini uygular. U3 numaralı komparatör entegre devresi optokuplör çıkışında voltaj karşılaştırması yaparak darbe sinyali üretir. Optokuplör çıkışında üretilen darbe sinyalinin

30

genliğinin azaltılması ve kaydedilmesi için bir operasyonel amplifikatör (opamp) entegre devresi (U4) kullanıldı. Daha sonra bir entegral alma devresi (U5) ile darbe sinyalinin entegrali alındı, böylece darbe sinyali üçgen şekilli dalga haline çevrilir. Burada D2 diyotu kritik öneme sahiptir; U5 opamp'ının doyuma ulaşmasını engeller ve entegral alma işleminin sorunsuz şekilde yapılmasını sağlar. U6 numaralı opamp ile üçgen şekilli dalganın geriliminin yukarıya da aşağıya doğru kaydedilmesi sağlanır. Son olarak U7 numaralı opamp ile üçgen şekilli dalganın tepeden tepeye genliği ayarlandı. Bu tasarlama kullanılarak, dopamin ölçümü için çoğunlukla kullanılan Şekil 4'te gösterilen dalga şekli üretebilmektedir.

- 10 Buluşta, mikroişlemci ile üretilen darbe sinyallerinin genişliği ve üretim sıklığı istenilen şekilde değiştirilebilmektedir. Böylece üretilen üçgen şekilli dalganın genişliği ve üretim periyodu ayarlanabilmektedir. Şekilde 4'te bu parametreler sırasıyla 8.5 milisaniye ve 100 milisaniye olarak gösterilmiştir. Şekil 3'te gösterilen bileşenler kullanılarak üçgen dalganın başlangıç ve tepe gerilimleri de istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Şekilde 4'te bu parametreler sırasıyla -
- 15 0.4V ve 1.3V olarak gösterilmiştir.

Üçgen dalga şeklinin belirtilen bu parametreleri buluşta istenilen şekilde ayarlanabilmektedir.

- Buluş kullanılarak, farklı uygulamalar için farklı başlangıç ve tepe gerilimleri, farklı üçgen dalga genişliği ve farklı üçgen dalga üretim periyodu gerçekleştirilebilir.
- 20

- Şekil 5'te buluşun kullanıldığı bir deneyde elde edilen dopamin konsantrasyonu ölçümü görülmektedir. İki grafik arasındaki siyah yatay çizgi dopamin nöronlarının uyarıldığını göstermektedir. Alttaki grafikte (Uygulanan gerilim-zaman grafiğidir.) dopaminin uygulanan
- 25 üçgen şekilli dalga ile indirgenmesi/yükseltgenmesi sonucu oluşan Faraday akımı görülmektedir. Faraday akımı siyah renkli ok ile işaret edilmektedir.

- Yukarıda yer alan detaylı bilgiler doğrultusunda söz konusu buluş, Beyinde dopamin konsantrasyonundaki değişimleri ölçmeyi sağlayan cihaz olup özelliği; Faz kilitleme döngüsü (PLL) aracılığıyla şehir şebekesindeki sinyalin fazını tespit edilmesini sağlayan ve bu sinyalin fazına kilitlemiş şekilde üçgen şekilli dalga üretilmesini sağlayan ve bu dalga şeklini
- 30

mikroelektroda uygulanmak üzere akım voltaj çeviricisine gönderen üçgen dalga üretici olmaktadır.

Bahsi geçen üçgen dalga üreticinin özelliği ise;

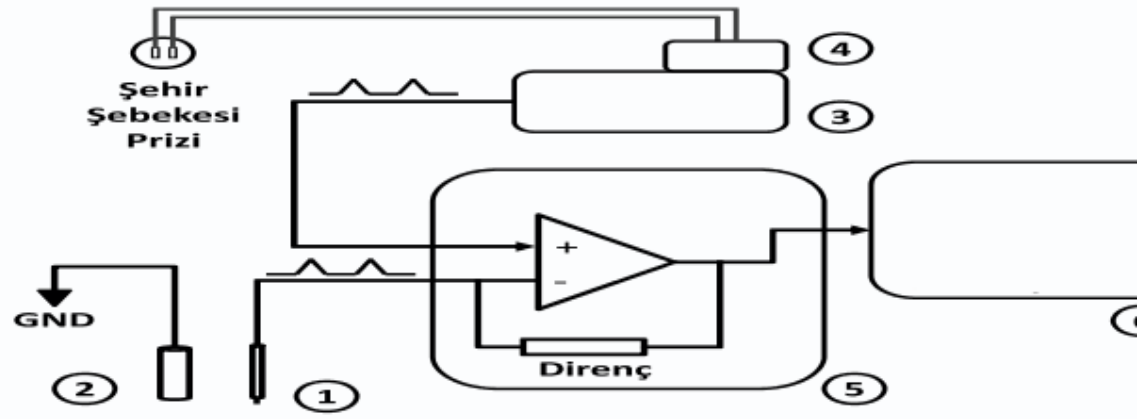
- 5 • Faz kilitleme döngüsünden (PLL) (4) gelen girdilere göre faz-şehir şebekesi sinyaline kilitlenmiş darbe sinyalleri üretilmesini sağlayan mikroişlemci (MCU) (7),
- Mikroişlemcinin ürettiği darbe sinyalleri için voltaj karşılaştırması yapılması ve optokuplörün (Şekil 3'te U2 numaralı komponent) girişine ürettiği darbe sinyalinin uygulanmasını sağlayan komparatör entegre devresi (U1),
- 10 • Mikroişlemci (7) ile Dalga Şekli Üretici (3) arasındaki elektriksel izolasyonu sağlayan böylece mikroşlemciden kaynaklanan elektriksel gürültünün üretilen üçgen şekilli dalgaya girişim yapmasını önleyen optokuplör (U2),
- Optokuplör (U2) çıkışında darbe sinyali üretimini sağlayan komparatör entegre devresi (U3),
- 15 • Üretilen darbe sinyalinin genliğinin azaltılması ve kaydedilmesi sağlayan operasyonel amplifikatör (opamp) entegre devresi (U4),
- Darbe sinyalinin üçgen şekilli dalga haline çevrilmesi için darbe sinyalinin entegralinin alınmasını sağlayan U5 opamp,
- Entegral almayı sağlayan opamp'ın (U5) doyuma ulaşmasını engelleyen ve entegral alma işleminin sorunsuz şekilde yapılmasını sağlayan diyot (D2),
- 20 • Üçgen şekilli dalga'nın geriliminin yukarıya da aşağıya doğru kaydedilmesi sağlayan U6 opamp,
- Üçgen şekilli dalga'nın tepeden tepeye genliğinin ayarlanmasını sağlayan U7 opamp'ın unsurların içermesidir.

25 Beyin dokusunun içine implant edilen Mikroelektrot (1), beyin veya başka bir doku içerisine implant edilen referans elektrot (2), şehir şebekesinden kaynaklanan gürültü girişimlerini bertaraf etmek için kullanılan, hızlı tarama döngüsel voltametri (FSCV) cihazında faz kilitleme döngüsü (PLL) (4), üçgen dalga şeklinin mikroelektroda (1) uygulanmasını sağlayan akım voltaj çeviricisi (5), voltaja çevrilmiş olan arka plan akım ve Faraday akım değerlerinin kaydedilmesini sağlayan analogdan sayısal çevirici ve veri kaydedici (6) unsurların içeren, beyinde dopamin

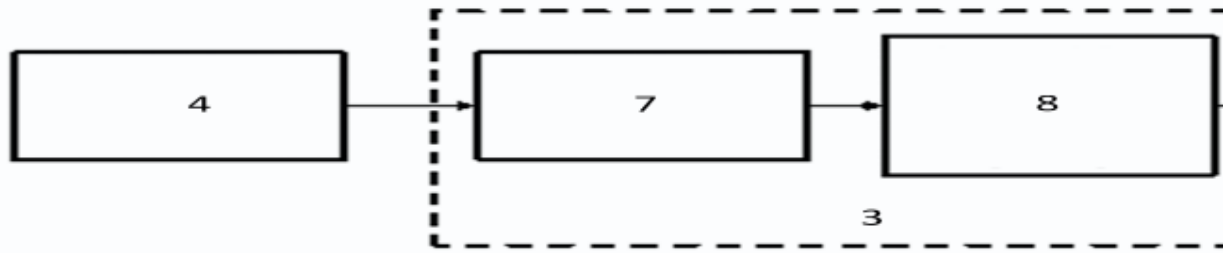
30 konsantrasyonundaki değişimleri ölçmeyi sağlayan cihaz yukarıda bahsi geçen üçgen dalga üreticini içermektedir. Bahsi geçen cihaz hızlı tarama döngüsel voltametri cihazıdır.

Beyinde dopamin konsantrasyonundaki değişimleri ölçmeyi sağlayan cihazın çalışma yöntemi olup özelliği;

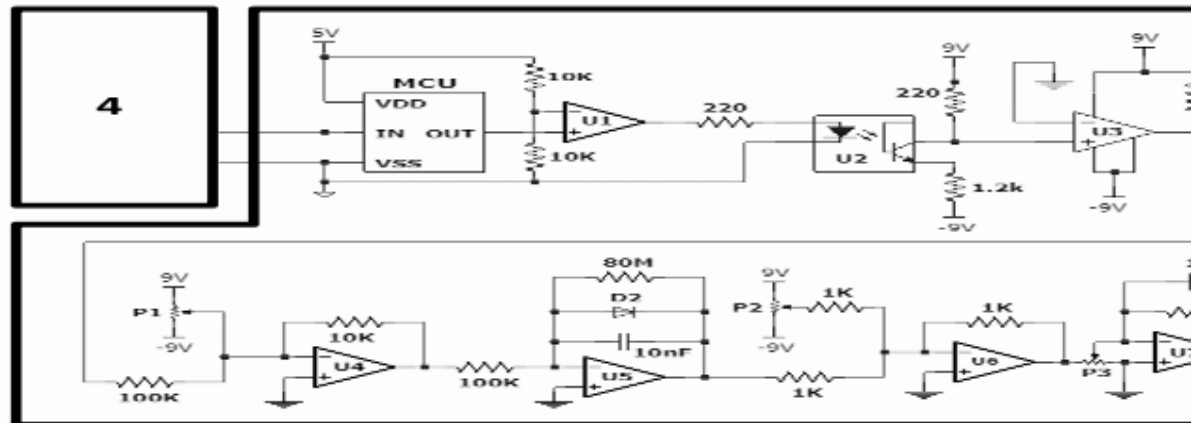
- 5 • Mikroelektrodun (1) beyin dokusunun içine ve referans elektrodun (2) beyin veya başka bir doku içerisine implant edilmesi,
- Dalga şekli üretici (3) ile üçgen şekilli dalga üretilmesi,
- Dalga şekli üreticinin (3), bu dalga şeklini mikroelektroda (1) uygulanmak üzere akım voltaj çeviricisine (5) göndermesi,
- Akım voltaj çeviricisinin (5), üçgen dalga şeklini mikroelektroda (1) uygulaması,
- 10 • Üçgen şekilli dalganın uygulanması ile mikroelektrot (1) üzerinde arka plan akım elde edilmesi,
- Elde edilen arka plan akımının yanısıra, üçgen şekilli dalganın mikroelektroda uygulanmasıyla mikroelektrot ucundaki dopaminin indirgenmesi ve yükseltgenmesi,
- Bu kimyasal tepkime sonucunda arka plan akımına ek olarak mikroelektrot üzerinde dopamin konsantrasyonu ile doğru orantılı olacak şekilde Faraday akımı elde edilmesi,
- 15 • Elde edilen arka plan akımı ve Faraday akımının birlikte akım voltaj çevirici (5) aracılığıyla voltaja çevrilmesi ve analogdan sayısala çevirici ve veri kaydediciye (6) gönderilmesi,
- Analogdan sayısala çevirici ve veri kaydedicinin (6), voltaja çevrilmiş olan arka plan ve Faraday akım değerlerini kaydetmesi,
- 20 • Kayıtlar bittikten sonra arka plan akımının kaydedilen akım değerlerinden matematiksel olarak çıkarma işlemiyle çıkarılması ve işlem sonucunda ortamdaki dopamin konsantrasyonuna karşılık gelen Faraday akımının elde kalması,
- Elde edilen Faraday akımı ile ortamdaki dopamin konsantrasyonu arasındaki doğrusal (lineer) ilişkiyi kullanarak ve orantı hesaplayarak dopamin konsantrasyonunun tespit edilmesi
- 25 işlem adımlarını içermesidir.



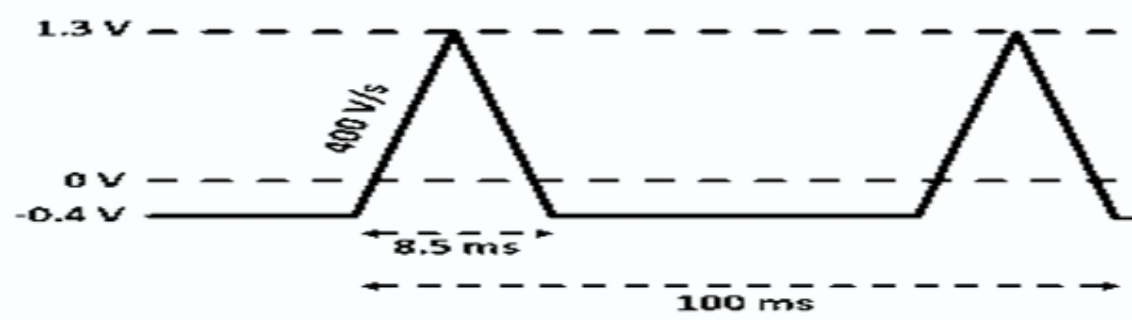
Şekil 1



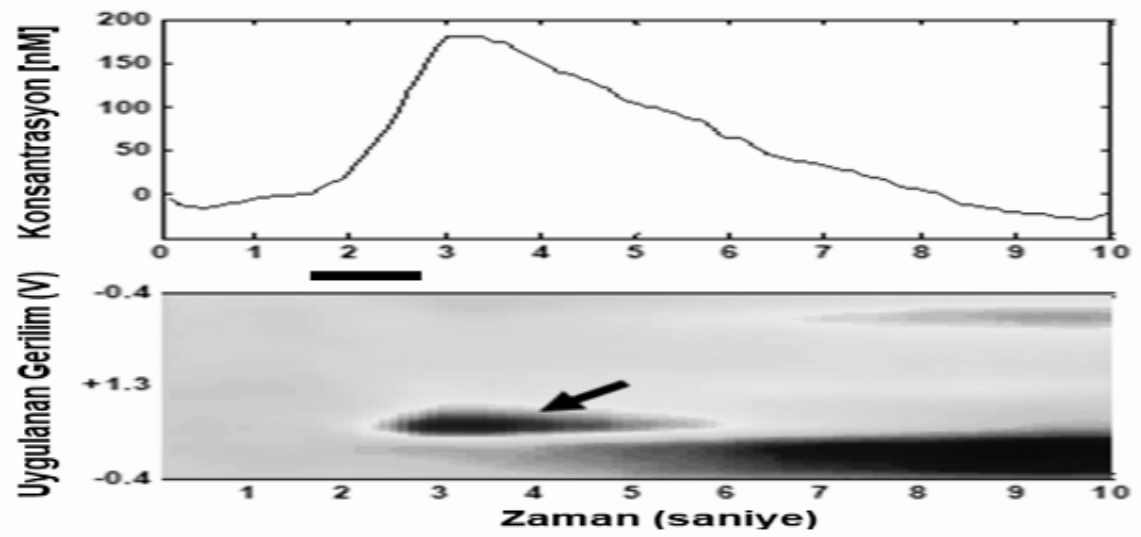
Şekil 2 (Önceki Teknik)



Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5