

01.06.2019



INDUCTION MOTOR CONTROL WITH SVPWM

İçindekiler

1) Konu/ Amaç	2
2) Literatür Özeti	2
3) Problem Tanımı	2
4) Yöntem/ Teori	3
5) Birinci Dönemde Gerçekleştirilen	20
a) Malzeme Alımları	
b) Çalışma İle İlgili Gelişmeler	
c) Karşılaşılan Problemler, Çözümleri ve Ön Raporu Göre Yapılan Değişiklikler	
6) Ara Sonuçlar ve Tartışma	21
7) Bütçe	22
8) Referanslar	23
9) Gelişme Raporu Öz Değerlendirme Formu	24

1)KONU/AMAÇ

Değişken hızlı uygulamalar için değişken frekanslı ve değişken voltajlı üç fazlı bir indüksiyon motorunu beslemek için genellikle bir voltaj kaynağı invertörü kullanılır. Endüstride çok fazla kullanılan asenkron motor kontrolünün istenildiği gibi daha az kayıpla kontrol edilmesi güncel bir konudur ve bu projenin de amacıdır. Geleneksel Motor sürücü sistemlerinde kullanılan inverterler için yüksek anahtarlama frekansı kullanan SPWM tekniğine göre SVPWM tekniği yaklaşık %15 daha az THD üretir. SVPWM tabanlı voltaj kaynağı invertörlerinin kullanımı, SVPWM, dc link voltajının iyi kullanıldığını, sistemin daha kolay uygulanmasını, daha az anahtarlama kaybını ve ayrıca daha az toplam harmonik bozulmayı gösterdiğinden, yüksek güçlü endüstriyel uygulamalar için uygundur.

2)LİTERATÜR ÖZETİ

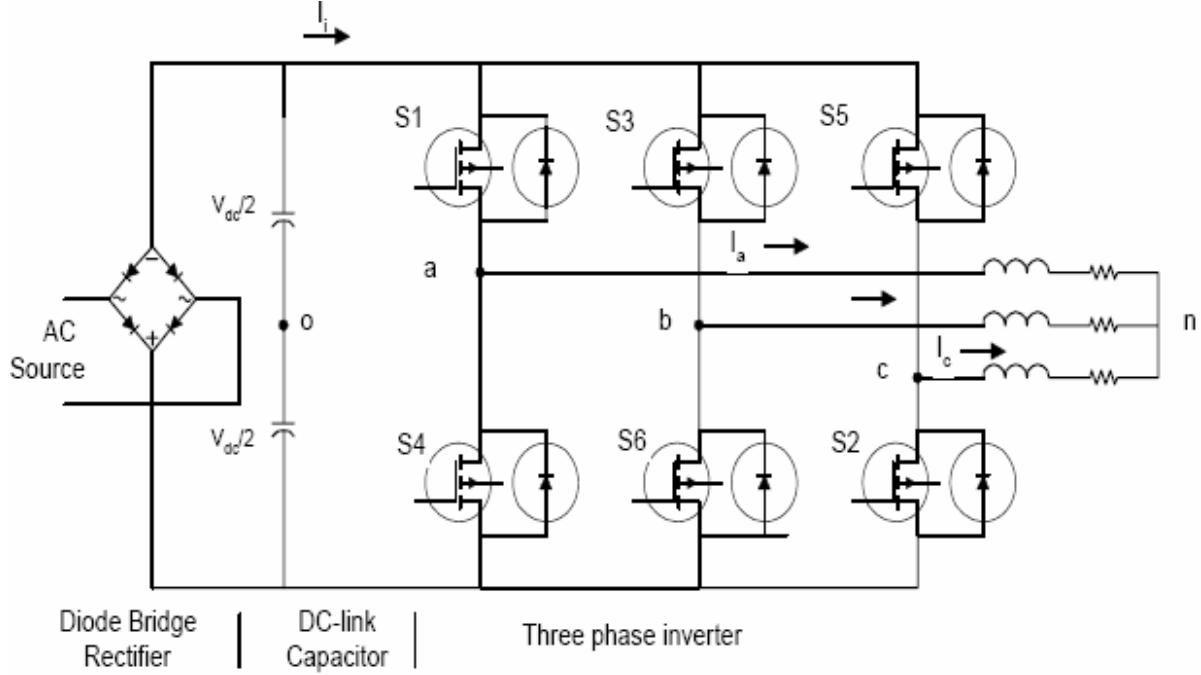
Üç fazlı voltaj beslemeli invertörler, son zamanlarda geniş bir güç aralığında, megawatt güçlerine varan endüstriyel sürücü uygulamaları için popülerlik kazanmaktadır. Bu alanda SVPWM, son yıllarda uygulamalarda kendisine geniş bir yer bulmaya başlamıştır. [5] Bu popülerliğin temel nedenlerini kavramak kolaydır, seri cihazlar arasında büyük voltaj paylaşımı ve çıkıştaki harmonik kalitesinin geleneksel PWM e kıyasla iyileştirilmesi. [1] Son yıllarda çeşitli darbe genişlik modülasyonu için teknikler geliştirildi ve kapsamlı bir şekilde incelendi. Amaç edinen hedefler olarak , daha az anahtarlama kaybı, düşük THD, geniş doğrusal modülasyon aralığı, daha iyi DC-link kullanımı verilebilir.[1] Her PWM yönteminin uygulanabilirliği farklıdır ve çeşitli voltaj ve frekansları elde etmek için bir dizi PWM şeması geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler sinüzoidal PWM ve SVPWM'dir. [2] Herhangi bir modülasyon tekniğinin amacı, daha az harmonik bozulma ile çıkış gerilimi / akımı sağlamaktır. Uzak vektör darbe genişliği modülasyon tekniği bu arzulanan hedefe ulaşılmasına yardımcı olacaktır.[2]Birçok avantajı sayesinde, space vektör darbe genişliği modülasyon tekniği, üç fazlı voltaj kaynağı invertörün çıkış voltajını kontrol etmek için en popüler seçenek haline gelmiştir. SVPWM tekniği sıralanan şekilde özetçe açıklanabilir; sektör seçimine dayalı uzak vektör modülasyonu, azaltılmış anahtarlama dayalı uzak vektör modülasyonu , taşıyıcı tabanlı uzak vektör modülasyonu. [4]Uygulamalarda gerilim kaynağı invertör (VSI), anti-paralel geri besleme diyotlarına sahip altı güç yarı iletken anahtardan oluşur. VSI, bir DC voltajını, kontrol edilebilir frekans ve büyüklük ile üç fazlı AC voltajlarına dönüştürür. İndüksiyon motorunun dönen alanından türetilen uzak vektörü kavramı, invertör çıkış voltajını modüle etmek için kullanılır. SVPWM yöntemlerinde, voltaj referansı döner bir referans vektörü kullanılarak sağlanır. Bu durumda, hat tarafındaki temel bileşenin büyüklüğü ve frekansı, referans voltaj vektörünün sırasıyla büyüklüğü ve frekansı ile kontrol edilir. Üç fazlı bir invertörün modeli, uzak vektör gösterimi temelinde sunulmuştur.[3] Üç fazlı VSI, yazının devamında gösterildiği gibi, S1-S6 arasında; anahtarlama değişkenleri a, a', b, b', c ve c' tarafından kontrol edilen çıkışı şekillendiren altı güç anahtardır. Bir üst transistör açıldığında, yani karşılık gelen a', b' veya c' 0'dır. Bu nedenle, çıkış voltajını belirlemek için S1, S3, S5 üst anahtarlarının açık ve kapalı durumları kullanılabilir. Bu anahtarlama kombinasyonları ($2^3=8$), bize 6 sektör üzerindeki aktif vektör ve 2 sıfır vektörü verir. İki aktif vektör arasında sadece bir kez anahtar değişimi olur bu da bize daha düşük THD verir.

3)PROBLEM TANIMI

Motor kontrolünde hassas kontrol ve enerjiden tasarruf endüstri için büyük önem arz etmektedir. Motor kontrol edilirken anahtarlama (açma ve kapama) kayıplarının yüksek olması ve çıkışta harmoniklerin gözlenmesi istenmeyen etkilerdir. THD nin artması inverter performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkileri en aza indirgeyebilmek için güç elektroniğinde yöntemler geliştirilmiş ve hala geliştirilmektedir. Bu yöntemlerden bir tanesi SVPWM tekniğidir.

4)YÖNTEM ve TEORİ

İndüksiyon motorunun dönen alanından türetilen uzay vektörü kavramı, invertör çıkış voltajını modüle etmek için kullanılır. SVPWM yöntemlerinde, voltaj referansı döner bir referans vektörü kullanılarak sağlanır. Bu durumda, hat tarafındaki temel bileşenin büyüklüğü ve frekansı, referans voltaj vektörünün sırasıyla büyüklüğü ve frekansı ile kontrol edilir. Uzay vektör modülasyonu dc bara voltajını geleneksel yöntemle göre daha verimli kullanır ve üç fazlı bir voltaj kaynağı invertöründe daha az harmonik bozulma oluşturur.

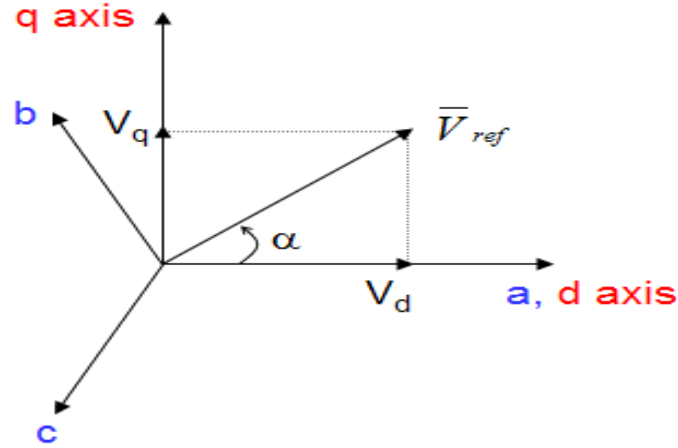


Şekil1:İki seviyeli invertör

Tipik bir üç fazlı voltaj kaynağı PWM invertörünün devre modeli Şekil-1'de gösterilmektedir. S1-S6, anahtar değişkenleri a, a', b, b', c ve c' tarafından kontrol edilen, çıkışı şekillendiren altı güç düğmesidir. Bir üst anahtar açıldığında, yani a, b veya c 1 olduğunda, karşılık gelen alt transistör kapatılır, yani karşılık gelen a', b' veya c' 0 olur. Bu nedenle, S1, S3 ve S5 üst düğmesi çıkış gerilimini belirlemek için kullanılabilir. SVPWM, PWM modülasyonundan farklı bir yaklaşımdır. A-β düzlemindeki gerilimlerin uzay vektör temsiline dayanır. A-β bileşenleri Clark'ın dönüşümü ile bulunur. Uzay Vektörü PWM (SVPWM), üç fazlı bir güç çeviricisinin üst üç güç transistörünün özel bir anahtarlama dizisini ifade eder.

Bu modülasyon tekniğinde, üç faz büyüklüğü eşzamanlı olarak dönen çerçevede (veya) sabit çerçevede eşdeğer iki faza dönüştürülebilir. Bu iki fazlı bileşenlerden referans vektörünün büyüklüğü bulunabilir ve invertör çıkışını modüle etmek için kullanılabilir. Üç fazlı voltaj AC makineye uygulandığında, AC makinenin hava boşluğunda döner bir akı üretir. Bu döner akı, tek döner voltaj vektörü olarak temsil edilebilir.

1) 3 Fazın İkili Koordinat Düzlemine Dönüşümü ve Referans Vektörü:



$$V_d = V_{an} - V_{bn} \cdot \cos 60 - V_{cn} \cdot \cos 60$$

$$= V_{an} - \frac{1}{2} V_{bn} - \frac{1}{2} V_{cn}$$

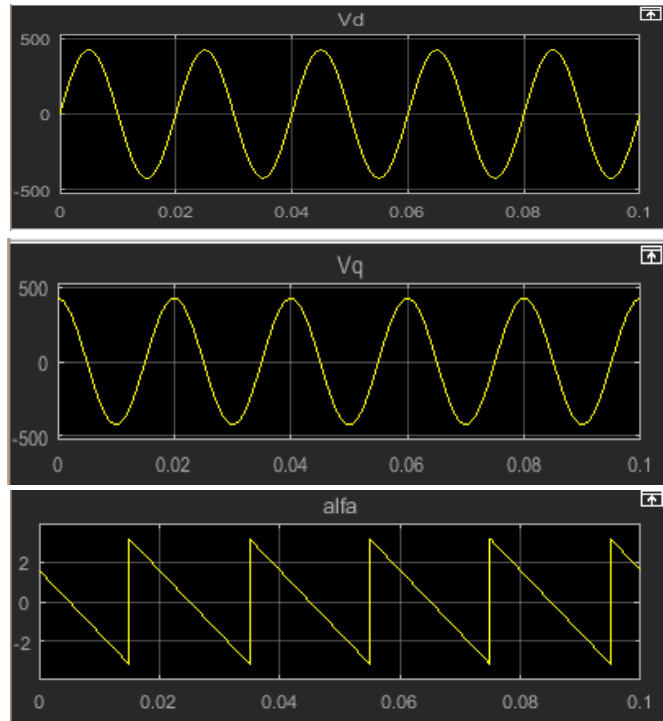
$$V_q = 0 + V_{bn} \cdot \cos 30 - V_{cn} \cdot \cos 30$$

$$= V_{an} + \frac{\sqrt{3}}{2} V_{bn} - \frac{\sqrt{3}}{2} V_{cn}$$

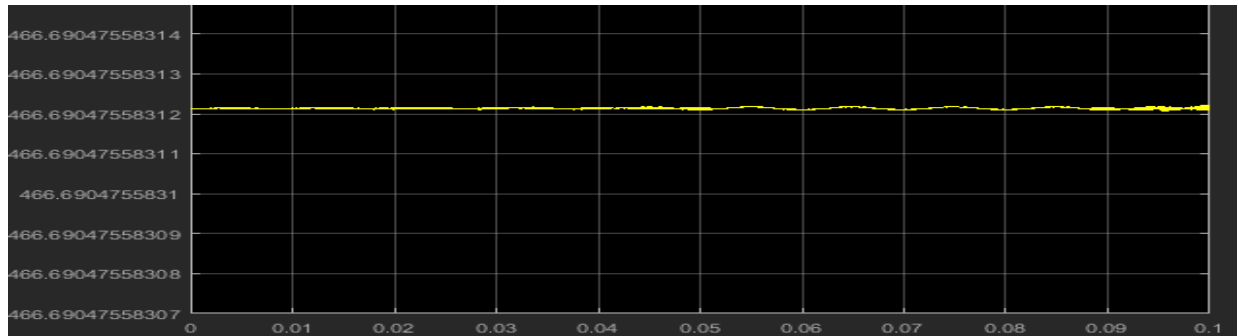
$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix}$$

$$|\bar{V}_{ref}| = \sqrt{V_d^2 + V_q^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{V_q}{V_d} \right) = \omega_s t = 2\pi f_s t$$

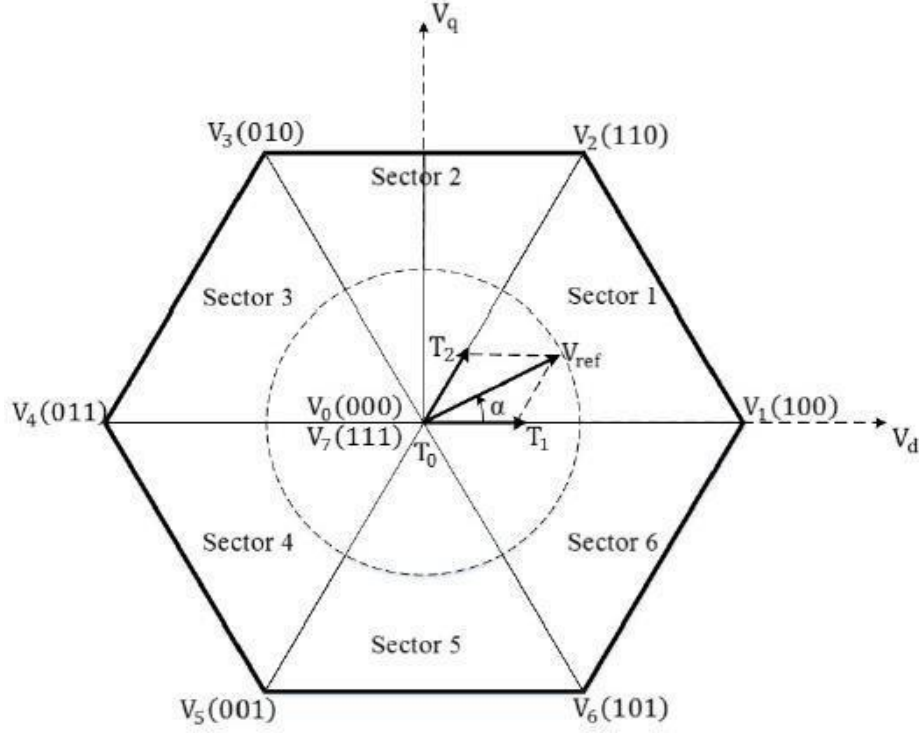


Şekil 3: Simulinkte elde edilen Vq, Vd ve alfa bileşenleri



Şekil 4: Vq ve Vd ye bağlı Vref (Referans vektörü)

Bu dönüşümle beraber aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere sektör boyunca 6 sıfır olmayan vektör ve 2 tane de sıfır vektörü temsil etmek mümkündür.



Şekil 5: Sektörler ve inverter durumunu ifade eden vektörler

Burada altı tane sıfır olmayan vektör (V_1 - V_6), Şekil-4'te gösterildiği gibi altıgen eksenleri şekillendirir ve yüke güç sağlar. Bitişik iki sıfır olmayan vektör arasındaki açı 60 derecedir. İki sıfır vektörü (V_0 ve V_7) başlangıç noktasındadır ve yüke sıfır voltaj uygular. Aynı dönüşüm, istenen referans voltaj vektörünü elde etmek için istenen çıkış voltajına uygulanabilir, referans vektörü bu vektör bileşenlerinden bulunabilir. SVPWM tekniğinin amacı, kullanılan V_{ref} referans gerilim vektörünü yaklaşık olarak kullanmaktır.

Altı anahtarlama durumu ve ek olarak üst veya alt kolların üç anahtarını da açık ya da kapalı yapan iki durum daha vardır. Bu sekiz durumu ikilik olarak kodlamak için üç bitin olması gerekir ($2^3 = 8$). Ayrıca, her zaman üst ve alt anahtarlar tamamlayıcı bir şekilde komuta edildiğinden, üst veya alt kol anahtarlarının durumunu göstermek için yeterlidir '1' anahtarı 'açık' ve '0' anahtarı 'kapalı' olarak belirtilir. Aşağıdaki tablo sekiz durum için farklı faz ve hat voltajlarının detaylarını vermektedir.

Voltage vectors	Switching vectors			Line to neutral voltage			Line to line voltage		
	A	B	C	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}	V_{ab}	V_{bc}	V_0
V_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_1	1	0	0	$2/3$	$-1/3$	$-1/3$	1	0	-1
V_2	1	1	0	$1/3$	$1/3$	$-2/3$	0	1	-1
V_3	0	1	0	$-1/3$	$2/3$	$-1/3$	-1	1	0
V_4	0	1	1	$-2/3$	$1/3$	$1/3$	-1	0	1
V_5	0	0	1	$-1/3$	$1/3$	$2/3$	0	-1	1
V_6	1	0	1	$1/3$	$-2/3$	$1/3$	1	-1	0
V_7	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Tablo 1: Anahtar durumları, hat ve faz voltajları

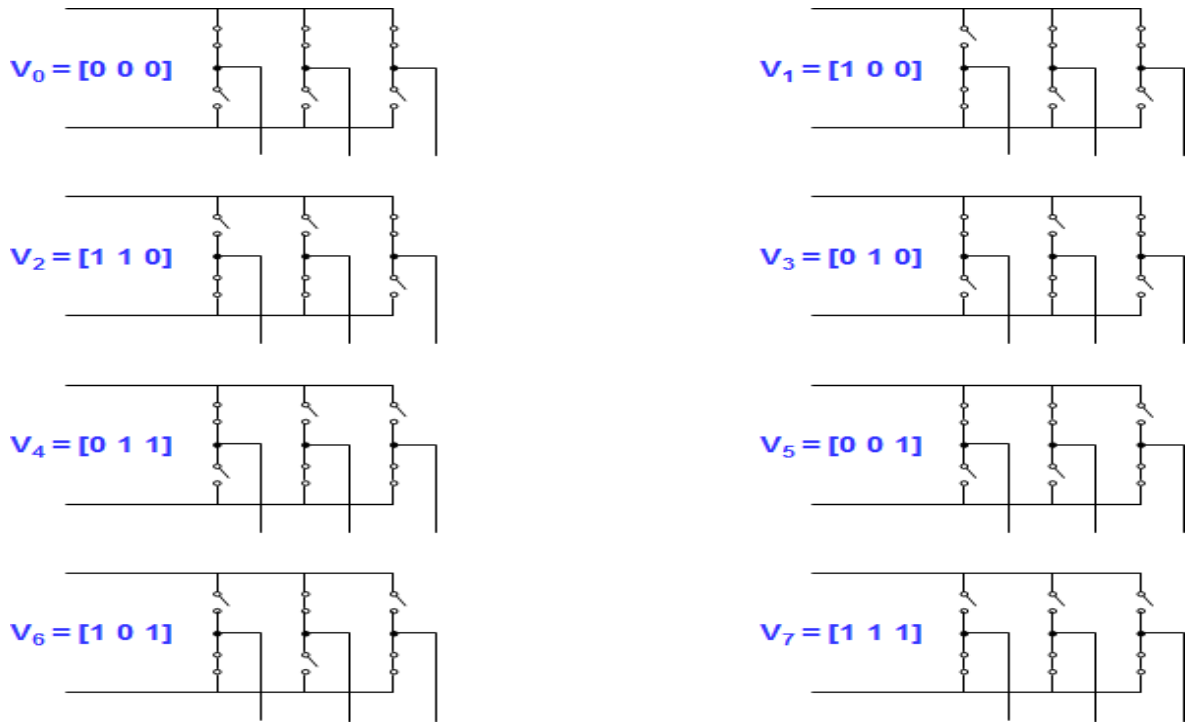
Hat voltajları:

Faz Voltajları:

$$\begin{bmatrix} V_{ab} \\ V_{bc} \\ V_{ca} \end{bmatrix} = V_{dc} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} V_{dc} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

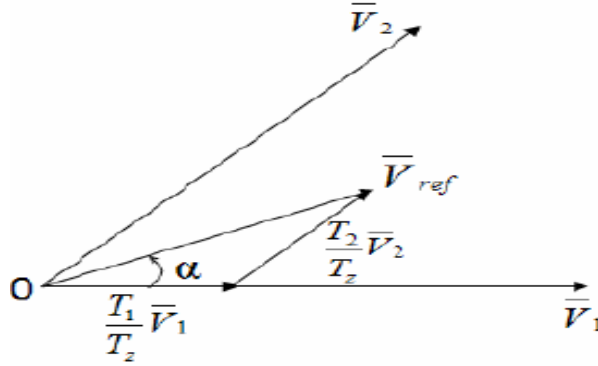
Aşağıda sekiz anahtarlama durumu için anahtarların konumları gösterilmiştir.



Şekil 6: Vektörlere göre anahtar konumları

2) T_0 , T_1 ve T_2 Sürelerinin Belirlenmesi:

Bu süreler sektöre göre inverter bacaklarının anahtarlama süreleridir.



Şekil 7: Toplam zamana göre aktif vektörleri ifade eden anahtar kapatma süreleri(sektör1)

Sektör 1 için anahtarlama süresi:

$$\int_0^{T_z} \bar{V}_{ref} dt = \int_0^{T_1} \bar{V}_1 dt + \int_{T_1}^{T_1+T_2} \bar{V}_2 dt + \int_{T_1+T_2}^{T_z} \bar{V}_0 dt$$

$$\therefore T_z \cdot \bar{V}_{ref} = (T_1 \cdot \bar{V}_1 + T_2 \cdot \bar{V}_2)$$

$$\Rightarrow T_z \cdot |\bar{V}_{ref}| \cdot \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{bmatrix} = T_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot V_{dc} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + T_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot V_{dc} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\pi/3) \\ \sin(\pi/3) \end{bmatrix}$$

(where, $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$)

$$\therefore T_1 = T_z \cdot a \cdot \frac{\sin(\pi/3 - \alpha)}{\sin(\pi/3)}$$

$$\therefore T_2 = T_z \cdot a \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\pi/3)}$$

$$\therefore T_0 = T_z - (T_1 + T_2), \quad \left(\text{where, } T_z = \frac{1}{f_s} \text{ and } a = \frac{|\bar{V}_{ref}|}{\frac{2}{3} V_{dc}} \right)$$

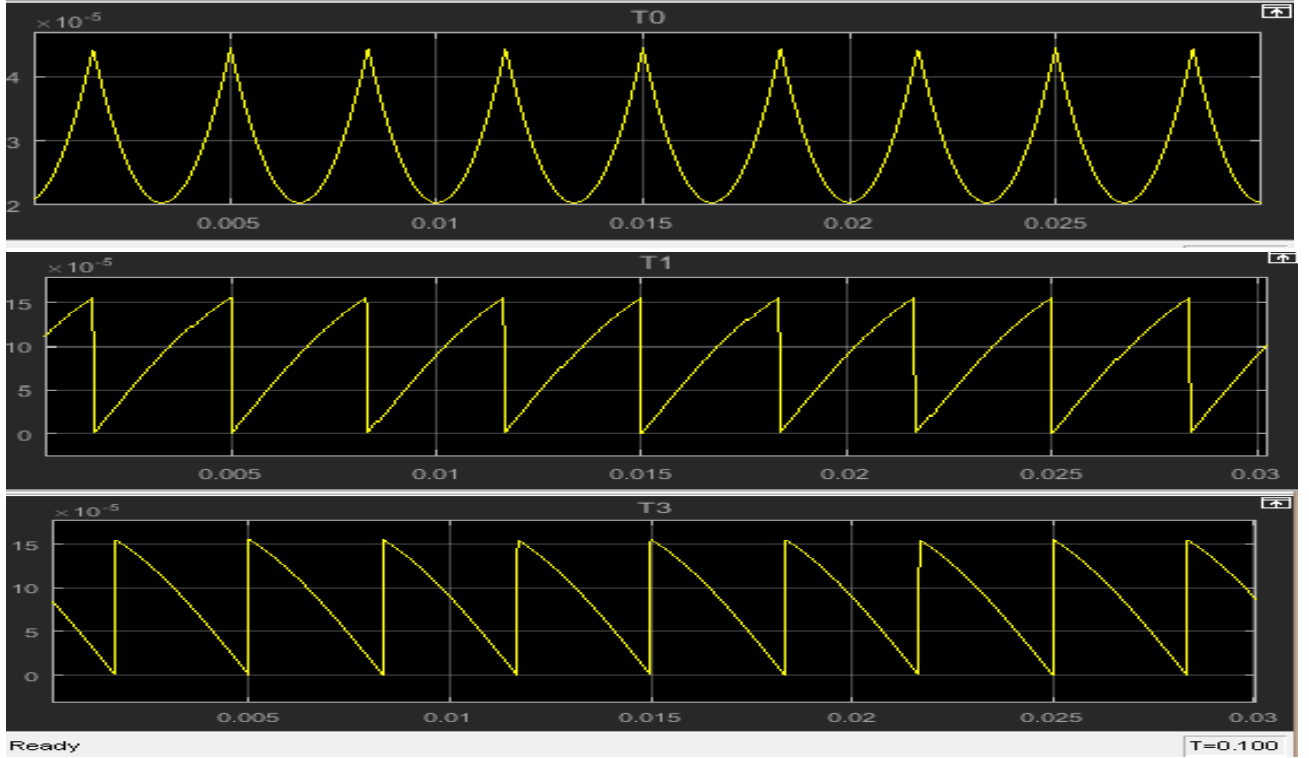
Herhangi bir sektör için anahtarlama süreleri:

$$\therefore T_0 = T_z - T_1 - T_2,$$

$$\begin{aligned}\therefore T_1 &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_z \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \left(\frac{\pi}{3} - \alpha + \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_z \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \frac{n}{3} \pi - \alpha \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_z \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \frac{n}{3} \pi \cos \alpha - \cos \frac{n}{3} \pi \sin \alpha \right)\end{aligned}$$

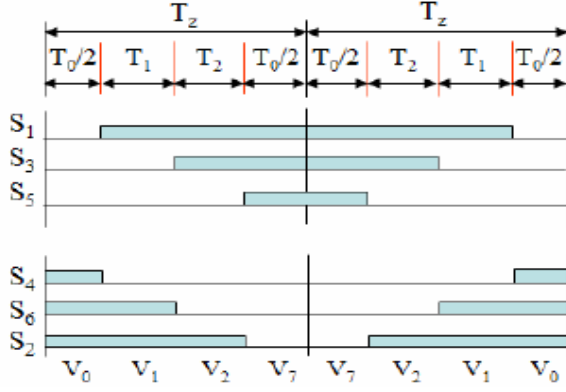
$$\begin{aligned}\therefore T_2 &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_z \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \left(\alpha - \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_z \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(-\cos \alpha \cdot \sin \frac{n-1}{3} \pi + \sin \alpha \cdot \cos \frac{n-1}{3} \pi \right)\end{aligned}$$

Burada, n=1-6 sektörleri boyunca $0 \leq \alpha \leq 60$ arasında

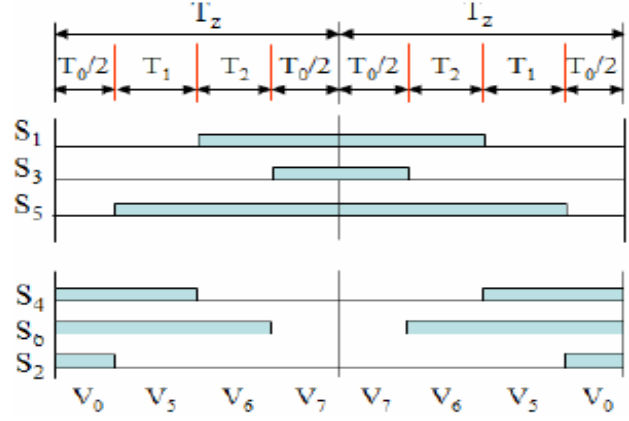


Şekil 8 : Alfa açısına Vdc ,Vr ve T ye göre T0,T1ve T2 simülasyonu

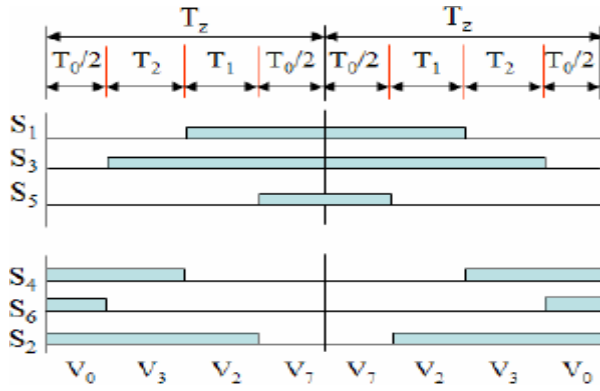
3) Her Transistörün Anahtarlama Süresinin Belirlenmesi



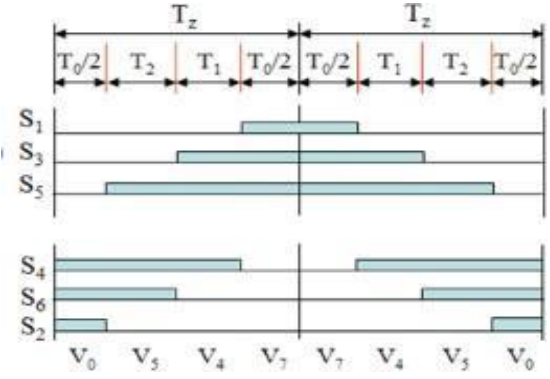
Şekil 9.1: Sektör 1



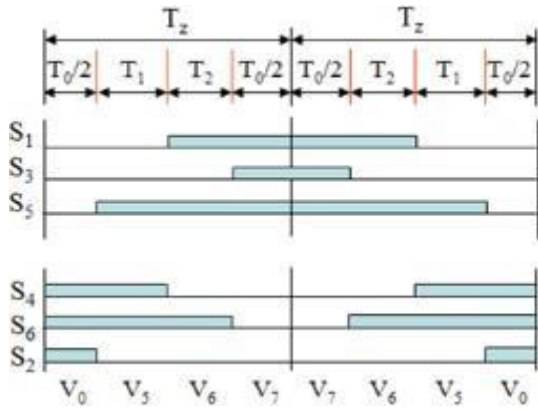
Şekil 9.2: Sektör 2



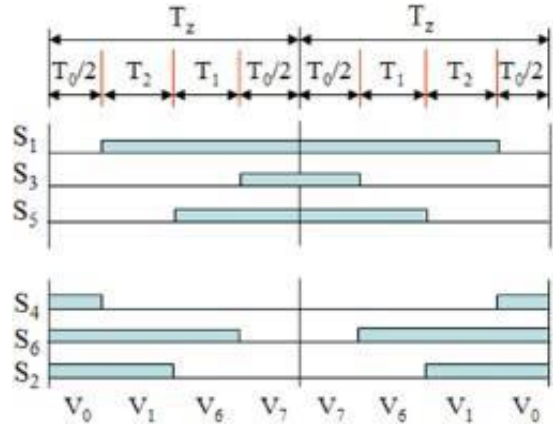
Şekil 9.3: Sektör 3



Şekil 9.4: Sektör 4



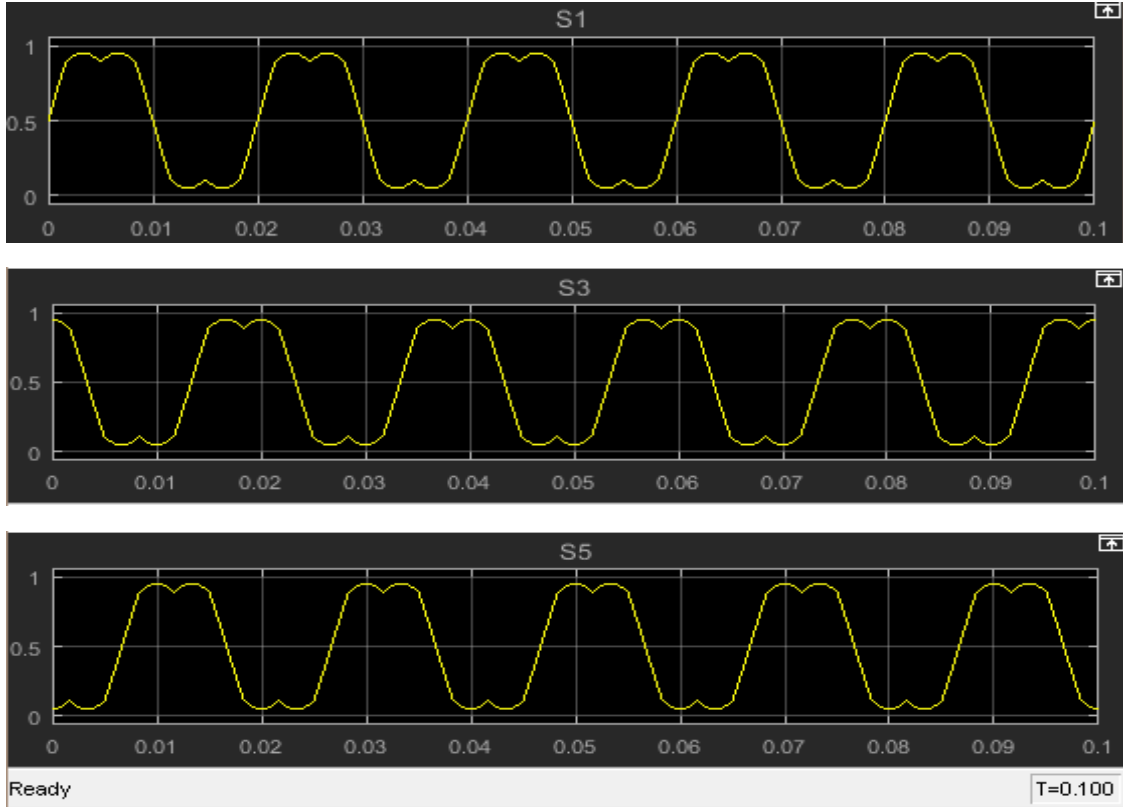
Şekil 9.5: Sektör 5



Şekil 9.6: Sektör 6

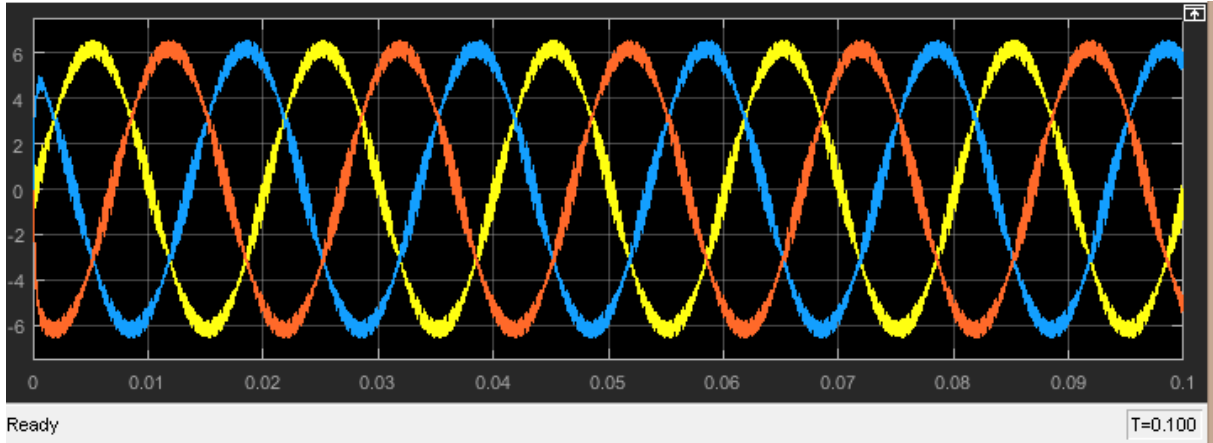
SEKTÖR	ÜST SWITCHLER (S1,S3,S5)	ALT SWITCHLER (S4,S6,S2)
1	$S_1 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_0 / 2$	$S_4 = T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$
2	$S_1 = T_1 + T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_0 / 2$	$S_4 = T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$
3	$S_1 = T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_0 / 2$
4	$S_1 = T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_0 / 2$
5	$S_1 = T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_0 / 2$
6	$S_1 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_0 / 2$	$S_4 = T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_2 + T_0 / 2$

Şekil 10: Sektörlere Göre Anahtarlama Zamanı



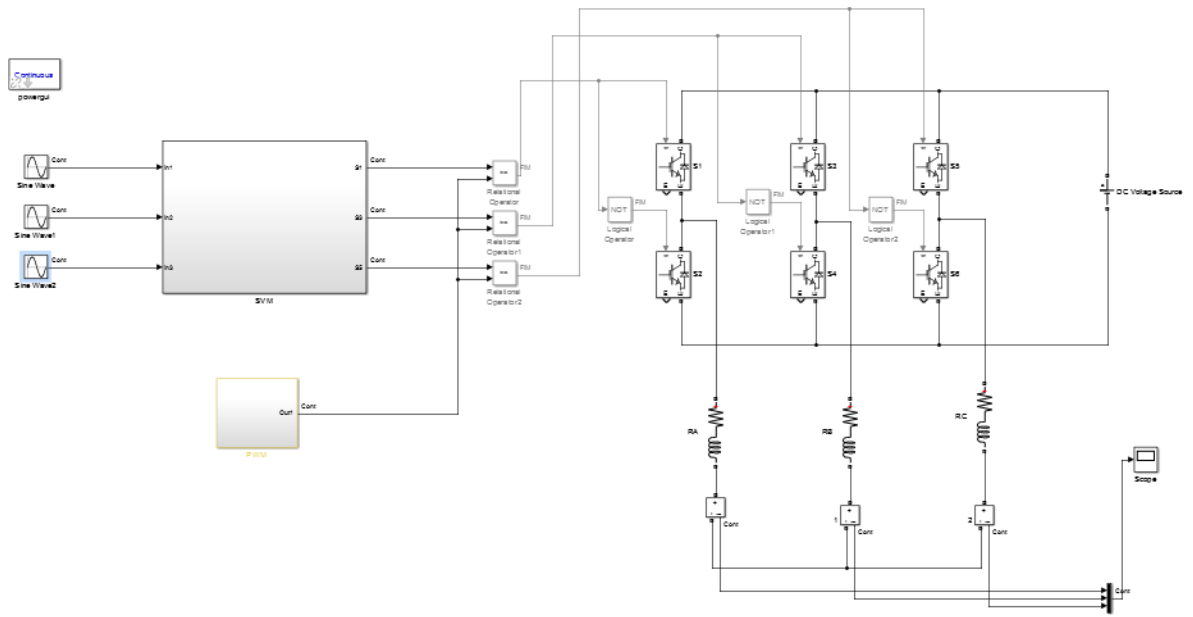
Şekil 11: S1, S3 ve S5 in anahtarlama 'duty cycle' ları

Sistemin Çıkışındaki 3 fazlı Harmonikli Dalgı Grafiđi:



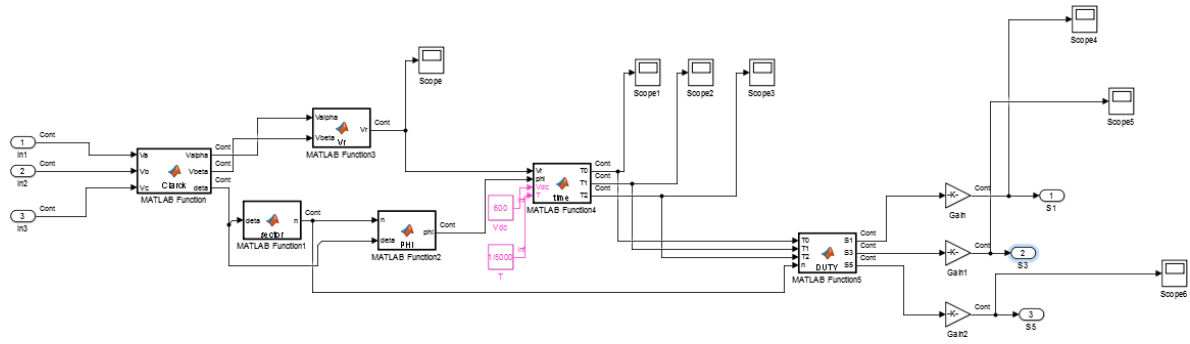
Şekil 12 : 3 Faz çıkış

Simölasyon Devresi:

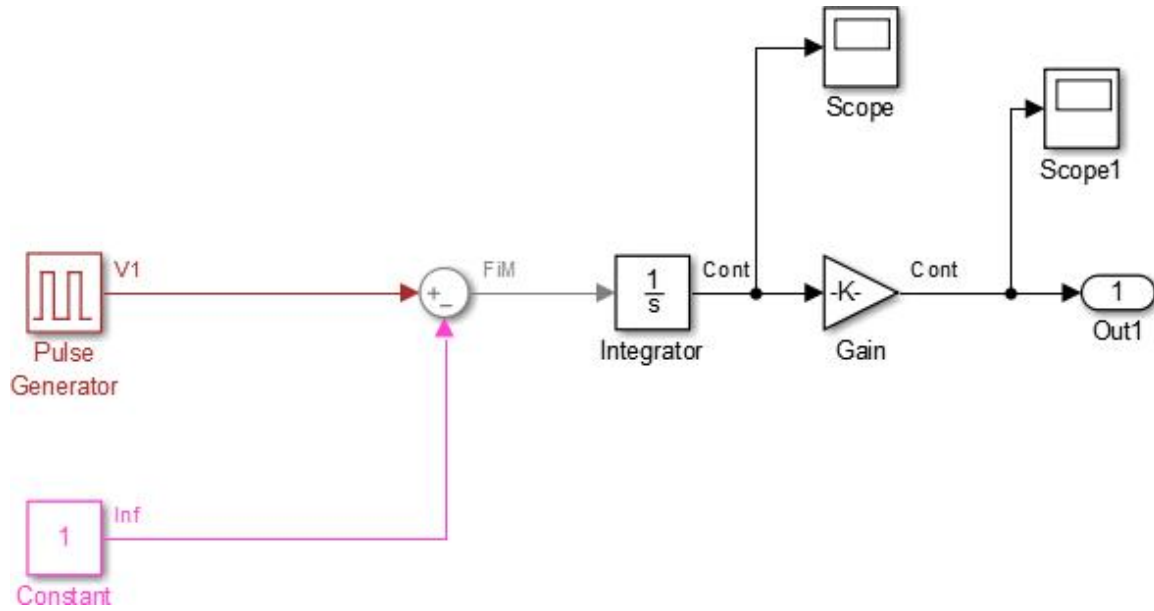


Şekil 13: Genel Devre

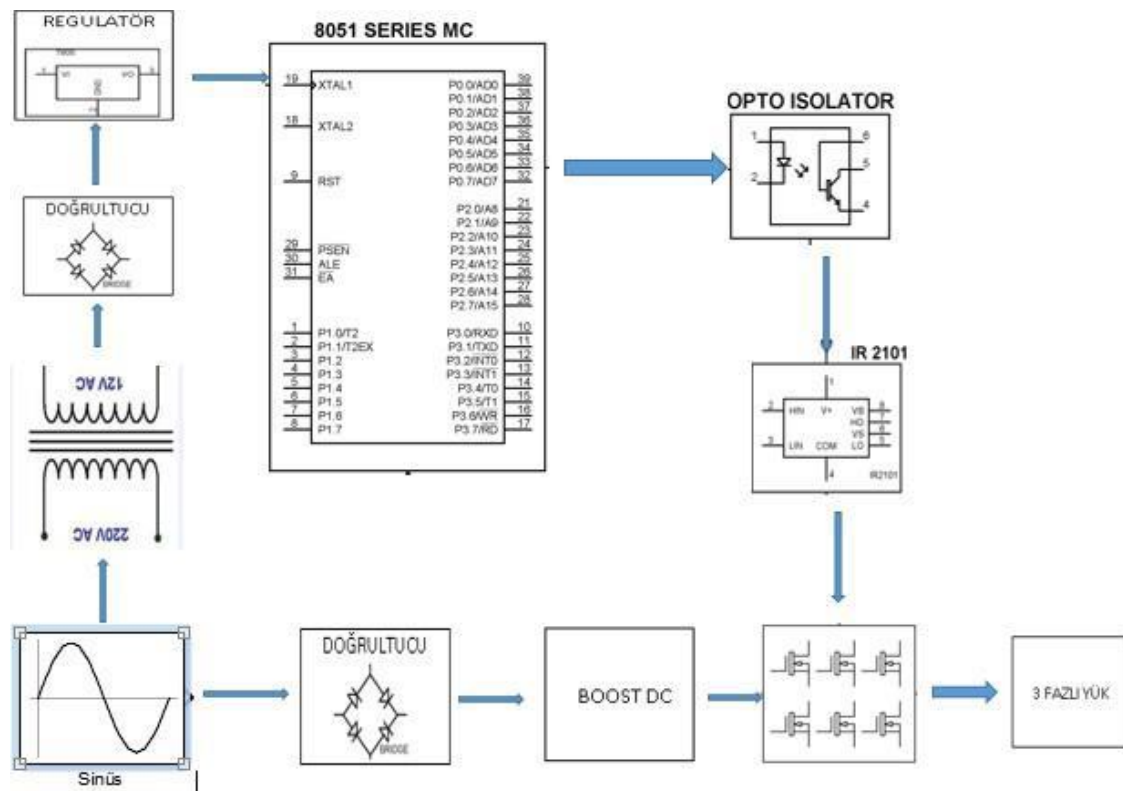
Alt Subsisitemler:



Şekil 14: Subsystem1(SVM)



Şekil 15: Subsystem 2 (PWM)



Yazılan Kodlar:

8051 e gömülecek kodlar tamamlanmamıştır. Şu ana kadar yazılanlar genel taslak kodlardır.

```
# define motor P3
# define kontrol_1 P1_0
# define kontrol_2 P2_0

sbit SW1=P0^0;
sbit SW2=P0^5;
sbit SW3=P0^1;
sbit SW5=P0^2;
sbit SW6=P0^4;
sbit SW4=P0^3;

void sektor1();
void sektor2();
```

```

void sektor3();
void sektor4();
void sektor5();
void sektor6();

void delay1_800ms()    // T1=T2
{
    TMOD=0X01;          //Timer 0 in mod 1 de seçilmesi
    TH0=(1475/256);      // Yüksek byte
    TL0=-(1475%256);     // Düşük byte
    TR0=1;
    while(TF==0) //      Owerflow olana kadar bekle
    TF=0;
    TR=0; //            Zamanlayiciyi durdur
}

void delay2_200ms() //T0/2
{
    TMOD=0X01; //        Timer 0 in mod 1 deseçilmesi
    TH0=(369/256); //     yüksek byte
    TL0=-(369%256); //    düşük byte
    TR0=1;
    while(TF==0) //      Owerflow olana kadar bekle
    TF=0; //            tasma bayragini sifirla
    TR=0; //            Zamanlayiciyi durdur
}

// Yukaridaki gecikme zamanlari ortalama gecikme zamanlaridir.
// Bu kodlar kodun devamı için temsilidir.Degistirilecektir.

void main()
{
    while(1)
    {
        sektor1();        //sektör 1 i çağir
        sektor2();        //sektör 2 yi çağir
    }
}

```

```

        sektor3();        //sektör 3 ü çağır
        sektor4();        //sektör 4 ü çağır
        sektor5();        //sektör 5 i çağır
        sektor6();        //sektör 6 yi çağır
    }
}

void sektor1()
{
    SW4=SW6=SW2=0;        // V0 vektörü
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW6=SW2=0;        //V1 vektörü
    SW3=SW5=SW4=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW2=0;        //V2 vektörü
    SW4=SW5=SW6=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=0;        //V7 vektörü
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=0;        //V7 vektörü
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW2=0;        //V2 vektörü
    SW4=SW5=SW6=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW6=SW2=0;        //V1 vektörü

```



```

    SW3=SW5=SW4=1;
    delay1_800ms();

    SW4=SW6=SW2=0;    // V0 vektörü
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();    //1 cycle tamamlandi

}

```

```

void sektor2()

```

```

{
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_800ms();

    SW3=SW4=SW2=0;
    SW1=SW5=SW6=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW2=0;
    SW4=SW5=SW6=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=0;
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=0;
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay12_200ms();

    SW1=SW3=SW2=0;
    SW5=SW4=SW6=1;
    delay1_800ms();
}

```

```

    SW3=SW4=SW2=0;
    SW1=SW5=SW6=1;
    delay1_800ms();

    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();          //Sektör 2 tamamlandi
}

```

```

void sektor3()

```

```

{
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();

    SW3=SW4=SW2=0;
    SW1=SW5=SW6=2;
    delay1_800ms();

    SW3=SW5=SW4=0;
    SW1=SW6=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=1;
    SW4=SW6=SW2=0;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=1;
    SW4=SW6=SW2=0;
    delay2_200ms();

    SW3=SW5=SW4=0;
    SW1=SW6=SW2=1;

```

```

delay1_800ms();

SW3=SW4=SW2=0;
SW1=SW5=SW6=1;
delay1_800ms();

SW4=SW6=SW2=0;
SW1=SW3=SW5=1;
delay2_200ms();      //Sektör 3 tamamlandi
}

```

```

void sektor4()
{
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();

    SW5=SW4=SW6=0;
    SW1=SW3=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW3=SW5=SW4=0;
    SW1=SW6=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=1;
    SW4=SW6=SW2=0;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=0;
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay2_200ms();

    SW3=SW5=SW4=0;

```

```

    SW1=SW6=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW5=SW4=SW6=0;
    SW1=SW3=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();           //sektor 4 biiti
}

void sektor5(){
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();

    SW5=SW4=SW6=0;
    SW1=SW3=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW5=SW6=0;
    SW3=SW4=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=1;
    SW4=SW6=SW2=0;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=0;
    SW4=SW6=SW2=1;

    delay2_200ms();
    SW1=SW5=SW6=1;

```

```

    SW3=SW4=SW2=0;

    delay1_800ms();
    SW5=SW4=SW6=0;
    SW1=SW3=SW2=1;

    delay1_800ms();
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();          //sektor 5 biiti
}
void sektor6()
{
    SW4=SW6=SW2=0;
    SW1=SW3=SW5=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW6=SW2=0;
    SW3=SW5=SW4=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW5=SW6=0;
    SW3=SW4=SW2=1;
    delay1_800ms();

    SW1=SW3=SW5=0;
    SW4=SW6=SW2=1;
    delay2_200ms();

    SW1=SW3=SW5=1;
    SW4=SW6=SW2=0;
    delay2_200ms();

    SW1=SW5=SW6=0;

```

```
SW3=SW4=SW2=1;
delay1_800ms();

SW1=SW6=SW2=0;
SW3=SW5=SW4=1;
delay1_800ms();
SW4=SW6=SW2=0;
SW1=SW3=SW5=1;
delay2_200ms();      //sektör 6 biiti.
}
}
```

5)BİRİNCİ DÖNEMDE GERÇEKLEŞTİRİLENLER

a) Malzeme Alımları

Transformatör (220V/12V)

Mikrokontrolör (AT89S52/AT89C51)

Kapı Sürücü (IR2101)

Regülatör (7805-çıkış akımı 1A e kadar)

Mosfet (IRF730)-(Duruma göre IGBT alınabilir.)

Doğrultucu ve Filtre için Diyotlar

Zener diyot (1N4745)

Opto-kuplör

Dirençler, Kapasitörler, Soğutucular ve elektronik malzemeler

b)Çalışma İle İlgili Gelişmeler

Devre simülasyonları büyük ölçüde tamamlandı. Şu anda güç elektroniği devrelerinin proteusta testi ve PCB çizimi aşamasındayım. Kısa sürede devreler basılıp kodlardaki eksiklikler giderilerek devre kurma ve test aşamalarına geçmeyi düşünüyorum.

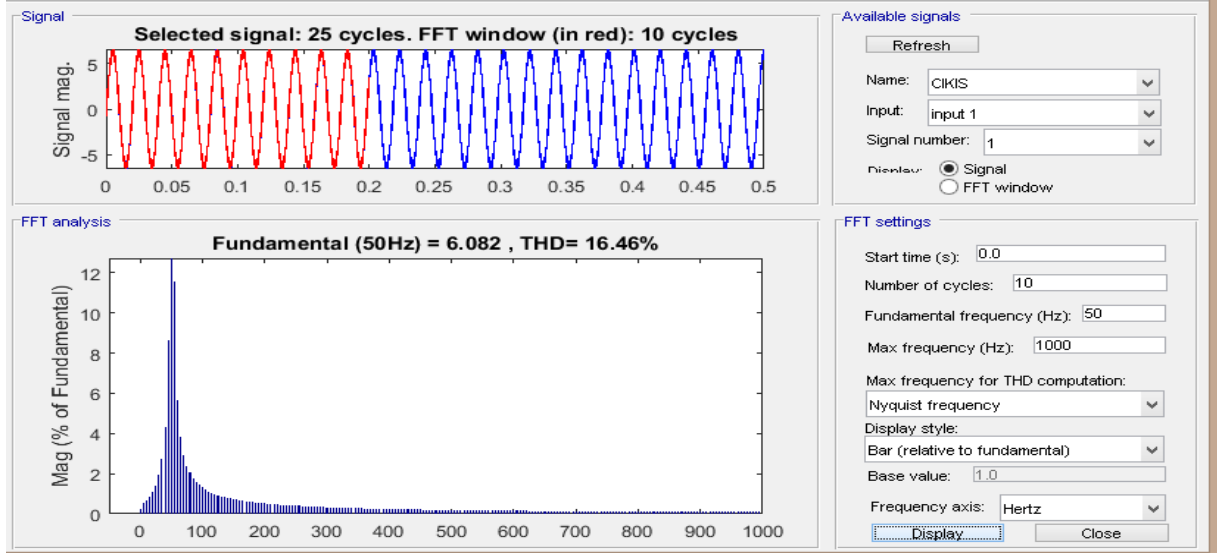
c) Karşılaşılan Problemler, Çözümleri ve Ön Rapora Göre Yapılan Değişiklikler

Projeye başlarken 3 seviyeli cascade tipli H köprülü inverter kullanılması planlanmıştı. Verimlilik, fizibilite ile birlikte düşünülerek iki seviyeli invertera göre pozitif ve negatif yanlar göz önüne alınarak iki seviyeli inverter ile tasarlamaya karar verildi ve çalışmalar bu

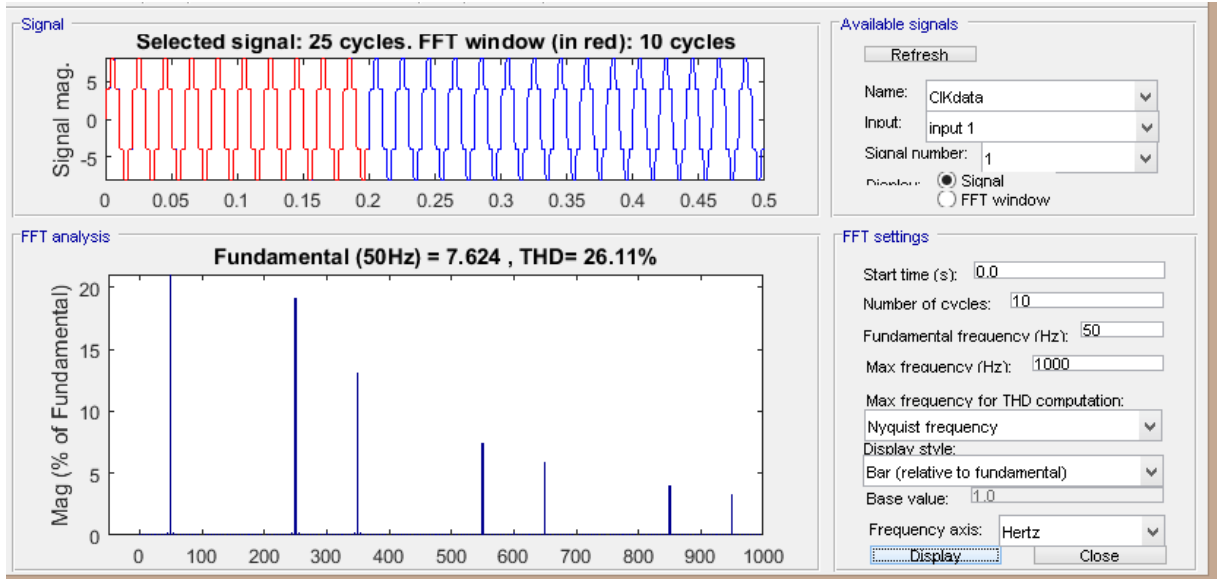
yönde ilerledi. İki seviyeli invertörün temel avantajı hesaplamada ve uygulamada kolaydır ve ayrıca cihaz seçimini değiştirmek de kolaydır. Ancak dezavantaj olarak iki seviyeli inverter kullanılan SVPWM tekniği sinüzoidal PWM e göre daha az harmonik üretirken üç seviyeli invertera göre kısmen de olsa daha çok harmonik üretir.

6) ARA SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Simulinkte harmonik analizi yapılmıştır. Aynı modülasyon indeksindeki SVPWM ve SPWM sonuçları aşağıdadır.



Şekil 17 : SVPWM e ait FFT



Şekil 18: SPWM e ait FFT

Space SPWM ile geleneksel SPWM ile karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Simülasyon çalışması, SVPWM'nin SPWM'ye kıyasla daha iyi kalitede, yani daha düşük THD verdiğini ortaya koymaktadır.

7) BÜTÇE

MALZEME	BİRİM FİYAT	ADET	TUTAR
220v/12v trafo	30 TL	2	60TL
AT89S52	12 TL	1	12 TL
Kapı Sürücü (IR2101)	6 TL	4	24 TL
Regülatör (7805)	1 TL	2	2 TL
Mosfet (IRF730)	3 TL	6	18 TL
Opto-kuplör	1.5TL	6	10 TL
Diğer elektronik malzemeler			50 TL
TOPLAM			176 TL

Not: Yük üzerinde test için Ac motor alınmamıştır. Okulda test edilmesi düşünülmekte ya da testin başka bir yük üzerinde gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

8)REFERANSLAR

[1] Anugu Saritha, T. Abhiram, Dr. K. Sumanth, “Space Vector Pulse Width Modulation For Two Level Inverter”, *International Journal of Professional Engineering Studies*, Volume VI /Issue 3 / MAY 2016

[2] Shashank Tiwari and Sanjaya Kumar Sahu, , “Space vector pulse width modulation based two level inverter ” Dept.of Electrical Engineering,Bhilai Institue of Technology, Drug,C.G,India*Research Journal of Engineering Sciences* Vol. 6(8), 8-12, September (2017)

[3] K. Vinod Kumar, Prawin Angel Michael, Joseph P. John, Dr.Suresh Kumar, “Simulation and comparison of SPWM and SVPWM control for three phase inverter,” *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 5, No. 7, pp.61-74, July 2010.

[4] D VenkataBramhanaidu, A.Sreenivasulu, “Implementation of Space Vector Pulse Width Modulation Technique on Three Phase Two Level Inverter”, *Department of Electrical and Electronics Engineering, SVU College of Engineering, Tirupati, AP, India*. Volume 12, Issue 3 Ver. II (May. – June. 2017)

[5] Bhalla Simran and Kumar Jagdish (2015). "Implementation of Space Vector Modulation for Two Level Inverter and its Comparison with SPWM." *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 4(6), 5012-5019.

[6] Ayse Kocalmis Bilhan, Erhan Akbal, "Modelling and simulation of two-level space vector PWM inverter using Photovoltaic cells as dc source," *International Journal of Electronics; Mechanical And Mechatronics Engineering*, Vol.2,No.4, pp.311-317

[7]A.K., Gupta, A.M., Khambadkone, "A space vector pwm scheme for multilevel inverters based on two-level space vector pwm", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 5, Oct. 2006.

9)ÖZ DEĞERLENDİRME

1. Literatür taraması ve araştırma tamamen yapıldı mı? Hayır ise nedeni açıklayınız. Literatür taraması tamamen yapıldı.
2. Yapacağınız çalışmanın daha önce yapılan çalışmalardan farklıları ve yeniliklerini belirlendi mi? Açıklayınız. Geleneksel yöntemden farklı olmakla beraber benzerleri yapıldı.
3. Malzeme alımları gerçekleştirildi mi? Hayır ise nedeni açıklayınız. Malzeme alımları büyük ölçüde gerçekleştirildi.
4. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? (Ekonomi, Çevre sorunları, Sürdürülebilirlik, Üretilebilirlik, Etik, Sağlık, Güvenlik, Sosyal ve politik sorunlar) Dikkate aldığım kısıt ekonomik ve kolay uygulama zorluğu bu anlamda projede değişiklikler yaptım.
5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir? IEEE 802.3 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) IJERA(Int. Journal of Engineering Research and Applications) IJPRES(International Journal of Professional Engineering Studies)
6. Proje çalışma takımınızı belirtiniz.
7. Proje yönetimi nasıl gerçekleştirdiniz açıklayınız - iş yükü ve zamanı nasıl paylaştınız Proje hem donanım hem yazılım bazlıdır. İki kısım beraber yürütülmeye çalışıldı.
8. Öneri raporunda yapılan takvime ve/veya konuya göre değişiklik/sapma oldu mu? Evet ise nedeni açıklayınız. Büyük ölçüde öneri raporundaki takvime göre devam edilmektedir.
9. Proje çalışması sırasında ne tür problemler ve aksiliklerle karşılaştınız? Projenin yazılım kısmında birtakım aksaklıklar var. Bu problem üzerinde çalışıyorum.
10. Projede ne tür risklerle karşılaştınız ve azaltmak için ne yaptınız? Projede maliyetin artması problemi ile karşılaştım. Bu bağlamda fizibilite düşünülerek verimden kısıtlama fakat maliyetten kazanım elde ettim.