

GÜNEŞ PİLLERİYLE ÇALIŞAN BİR FAZLI KONDANSATÖRLÜ MOTORUN TORK KONTROLÜ

Mehmet BEKLERGÜL¹,Musa ALCI² ve Metin ÇOLAK³

1,2,3E.Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İZMİR
1mbekler@bornova.ege.edu.tr
2alci@bornova.ege.edu.tr
3metcol@bornova.ege.edu.tr

ÖZET

Bu proje, güneş pilleriyle çalışan bir fazlı kondansatörlü motorun elektrik şebekesinden bağımsız olarak çalıştırılmasına yönelik bir araştırma ve geliştirme projesidir.

Sistemin otonomi periyodu $n=5$ gün dür. Enerji kaynağı olarak 24 V, 15 A, 530 Wp'lik güneş pili(PV-panel), depo elemanı olarak da 24 V, 180 Ah'lik kurşun-asitli sabit tesis akümülatörleri, elektrik motoru olarak 220 V'luk 1 fazlı yardımcı sargılı kondansatörlü asenkron motor kullanılacaktır. Sistemde , Güneş pillerinden elde edilecek 24 V'luk DA(Doğru Akım) elektrik enerjisi Akım-Gerilim regülatörü ile akümülatörlere depolanacaktır. Daha sonra, Akümülatörlerden alınacak 24 V DA elektrik enerjisi fuzzy logic kontrollü SPWM(Sinüsoidal Pulse Width Modulation) invertör yardımıyla AA(Alternatif Akım) elektrik enerjisine dönüştürülecek ve bir trafo ile 220 Volt'a yükseltilerek motor çalıştırılacaktır.

Bir Fazlı kondansatörlü motoru, fuzzy logic kontrollü PWM invertör ile sürerek, ilk çalışma anında, enerji kaynağından çok fazla akım çekmesi önlenerek sabit torkla çalışması sağlanacaktır. Böylece, sistemde kullanılan güneş pili(PV-eleman), akümülatör, akım-gerilim regülatörü, transformatör ve DA/AA dönüştürücü(invertör) güçleri düşürülerek sistemin toplam maliyetinin düşürülmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Sözcükler : Güneş pili, otonom sistem, tork kontrol, bir fazlı motor.

ABSTRACT

This paper covers a research and development project of operating a fuzzy logic controlled single phase induction motor by solar energy independently from electricity network.

The autonomy period of the system is $n=5$ days. 24 V, 15 A, 530 Wp PV-panel is used as power supply while 24 V, 180 Ah lead-acid batteries are used for storage. As actuator machine, single phase capacitor run motor (asynchronous induction motor) running at 220 V will be implemented. Electrical energy of 24 V from Solar Cells is stored in batteries through a current-voltage regulator. This stored 24 V DC(Direct Current) energy will be inverted to an 24 Vp AC(Alternative Current) energy by a fuzzy logic controlled Sinusoidal PWM inverter and will be transformed 220 Vrms AC voltage. The final AC energy is used to operate single phase induction motor.

The purpose of driving induction motor by fuzzy logic controlled PWM inverter is to reduce starting current drawn from the supply and to control motor torque. Thus the overall cost of the system will be reduced due to the reduced power ratings of PV elements, batteries, current-voltage regulator, transformer and DC/AC inverter used in the system.

Keywords: Photovoltaic cell, autonomic system, torque control, single phase induction motor.

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun çeşitli gereksinimlerini karşılayabilmek için kullanabileceği enerji kaynakları genel olarak; "Tükenir" ve "Tükenmez(Yenilenebilir)" enerji kaynakları olarak iki sınıfa ayrılabilir. Günümüzde gelişmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketimi yaklaşık 950 milyon J(Joule)'dür. Önümüzdeki yıllarda ortalama olarak dünya üzerinde 10 milyar insanın yaşayacağını ve herkesinde gelişmiş insanlar gibi enerji tükettiğini kabul edecek olursak, günlük toplam enerji ihtiyacı 95×10^{17} J olacaktır. Acaba sahip olduğumuz enerji kaynakları bu ihtiyacı karşılayabilecek midir? Tükenir enerji kaynaklarının yakın sayılabilecek bir sürede(yaklaşık 50-60 yıl) büyük oranda tükeneceğini varsayarsak, enerji ihtiyacımızı sadece yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılama durumu ortaya çıkacaktır. Güneş enerjisinde bu kaynaklardan birisidir. PV-eleman teknolojisinin gelişmesiyle, PV- modül verimlerinin yükselmesi ve maliyetlerinin düşmesi, güneş pillerinin elektrik enerjisi üretimindeki payını gittikçe arttırmaktadır.

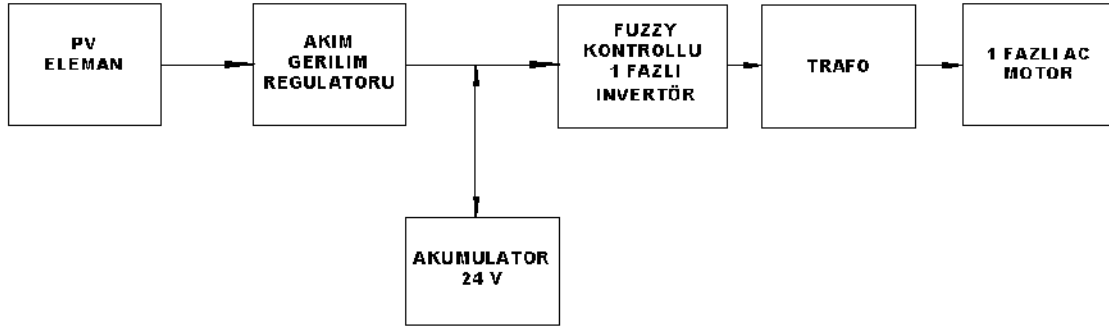
Bu projede güneş pilleriyle çalışan otonom bir sistem kurulacaktır. Sistemde kullanılan bir fazlı kondansatörlü endüksiyon motorunu fuzzy lojik(bulanık mantık) kontrollü sinüsoidal PWM invertörle sürerek ilk çalışma anında motor akımı ve torku kontrol edilecektir.

2. YÖNTEM

Projede; 24 V 15 A 530 Wp'lik güneş pili , 0-30 V 15 A akım-gerilim regülatörü (akü şarj cihazı) , 24 V 180 Ah sabit tesis akümülatörü, 24 V/220 V transformatör, fuzzy lojik kontrollü bir fazlı invertör (AA motor sürücüsü) ve 220 V'luk 1 fazlı kondansatörlü endüksiyon motoru kullanılması planlanmıştır. Güneş pilinden elde edilen DA elektrik enerjisi akü şarj cihazı aracılığı ile akümülatöre depo edilecek, akümülatörden alınan 24 V DA elektrik enerjisi önce fuzzy logic kontrollü 1 fazlı invertör yardımıyla AA elektrik enerjisine dönüştürülerek transformatör yardımıyla 220 V AA elektrik enerjisine yükseltilerek bir fazlı motor çalıştırılacaktır. Sistemin genel olarak blok diyagramı Şekil .1' de görülmektedir [1].

2.1 AKIM –GERİLİM REGÜLATÖRÜ

Sistemde akü şarj elemanı olarak akım-gerilim regülatörü kullanılacaktır. Akım-gerilim regülatörü 0-30 V 0-15 A arasında şarj etme özelliğine sahiptir. Akım-gerilim regülatörü U-I karakteristiği ile şarj etme özelliğine sahiptir.



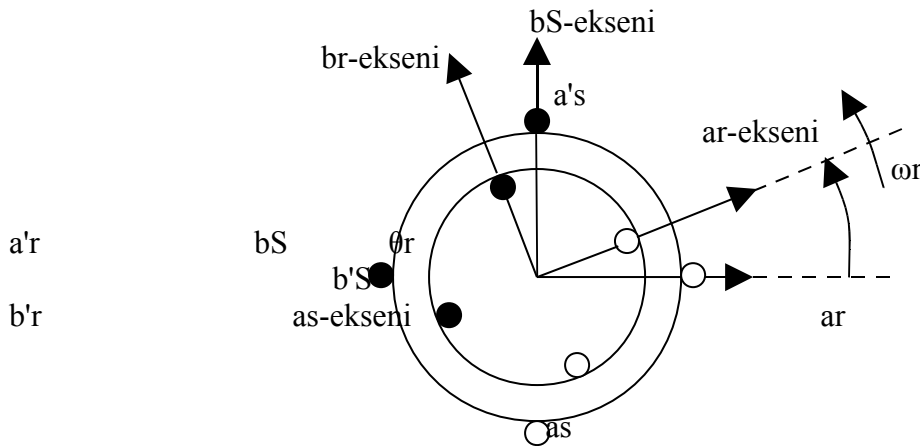
Şekil 1: Sistemin genel blok diyagramı

2.2 AKÜMÜLATÖR

Sistemde 24 V – 180 Ah 'lık sabit tesis akümülatörleri kullanılacaktır. Sistemin blok şemasında da görüldüğü gibi bir fazlı motorun çalışması için gerekli olan 24 V DA elektrik enerjisi akümülatörden karşılanacaktır. Soğutucu motorunun çalışmadığı periyotlarda akümülatörlere tampon şarj yapılacaktır. Akümülatörlerin çok deşarj olması halinde gündüz saatlerinde soğutucu motoru direkt olarak güneş pilinden de beslenebilecektir [1-2].

2.3 BİR FAZLI KONDANSATÖRLÜ ENDÜKSİYON MOTORLARI

Asenkron motorlar, endüksiyon prensibine göre çalışan elektrik motor tipidir. Sincap kafesli(kısa devre rotorlu) asenkron motorlar yapılarının basit ve ucuz, bakımlarının kolay olması sebebiyle en çok kullanılan elektrik motor tiplerindedir. Bu motorlarda, rotorda manyetik alan üretilmesi için dışardan bir kaynak bağlamaya gerek yoktur. Stator fazlarına gerilim uygulanınca, hava aralığında, stator frekans hızında (ω_e) dönen bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik akı değişimi, rotorda bir gerilim indüklenmesine ve akım dolaşmasına sebep olur. Sonuç olarak, rotor etrafında bir manyetik alan oluşur.

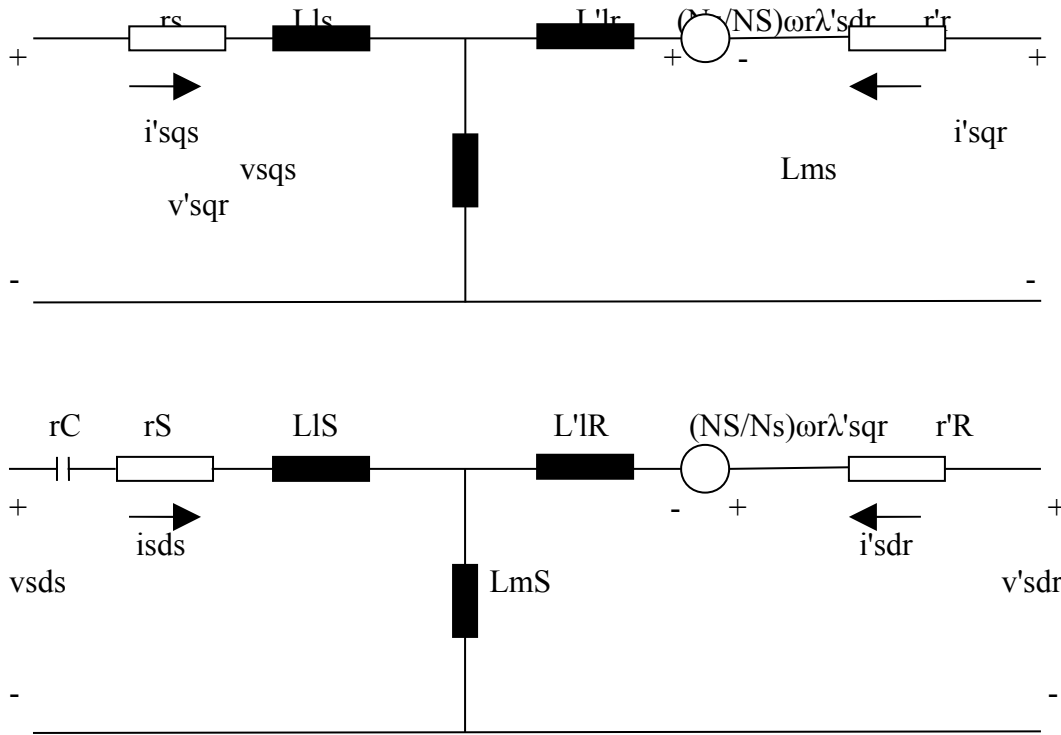


Şekil.2 : Bir fazlı kondansatörlü motorun prensip şeması

İki manyetik alanın oluşturduğu kuvvetlerin neticesi olarak rotor, stator manyetik alanının yönünde dönmeye başlar, fakat hızı(ω_r) daha azdır. Eğer stator hızı(ω_e) ve rotor hızı(ω_r) eşit olacak olursa, rotor iletkenlerinde gerilim indüklenmeyeceğinden rotor çubuklarının alan dışına itilmesi, dolayısıyla motorun hareketi durur. Stator ve rotor hızları arasındaki farka "kayma frekansı" adı verilir[3].

2.3.1 BİR FAZLI MOTORUN YAPISI VE EŞDEĞER DEVRESİ

Bir fazlı kondansatörlü motorun çalışma prensip şeması Şekil.2'de görülmektedir. (as) ana sargıyı, (bS) de yardımcı sargıyı temsil etmektedir. motorun ana ve yardımcı sargılarının eşdeğer devreleri Şekil.3'de verilmiştir[4].



Şekil.3: Bir fazlı asenkron motor ana ve yardımcı sargı eşdeğer devreleri

2.3.2 VOLTAJ VE TORK DENKLEMLERİ

Bir fazlı kondansatörlü motorun voltaj denklemleri stasyonere referans tabanına göre($\theta=0$ iken) genişletilmiş formda aşağıdaki gibi çıkarılmıştır[4].

$$V_{qs}^s = r_s \cdot i_{qs}^s + p \lambda_{qs}^s \quad (1)$$

$$V_{ds}^s = r_S \cdot i_{ds}^s + p \lambda_{ds}^s \quad (2)$$

$$V_{qr}^s = r_r \cdot i_{qr}^s - \omega_r \lambda_{dr}^s + p \lambda_{qr}^s \quad (3)$$

$$V_{dr}^s = r_r \cdot i_{dr}^s + \omega_r \lambda_{qr}^s + p \lambda_{dr}^s \quad (4)$$

Eşitliklerde; λ_{qs} , λ_{ds} , λ_{qr} ve λ_{dr} terimleri ana sargı, yardımcı sargı, rotor ve karşılıklı endüktanslarından dolayı oluşan manyetik akıları(flux linkages) temsil etmektedir. Aynı denklemler, a_s ve b_s sargılarının spir sayılarına bağlı olarak dönüştürme oranları ($n=NS/Ns$) da eklenerek, rektanslar cinsinden matris formunda;

$$\begin{bmatrix} V_{qs}^s \\ V_{ds}^s \\ V_{qr}^s \\ V_{dr}^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s + \frac{p}{\omega_b} X_{ss} & 0 & \frac{p}{\omega_b} X_{ms} & 0 \\ 0 & (r_s + r_c) + \left(\frac{p}{\omega_b} X_{ss} + \frac{\omega_b}{p} X_c \right) & 0 & \frac{p}{\omega_b} X_{ms} \\ \frac{p}{\omega_b} X_{ms} & -1 \frac{\omega_r}{n \omega_b} X_{ms} & r_r' + \frac{p}{\omega_b} X_{rr}' & -\frac{1}{n} \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{RR}' \\ n \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{ms} & \frac{p}{\omega_b} X_{ms} & n \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{rr}' & r_R' + \frac{p}{\omega_b} X_{RR}' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs}^s \\ i_{ds}^s \\ i_{qr}^s \\ i_{dr}^s \end{bmatrix} \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Elektromanyetik torkun ani değerini ise, endüktans dönüştürme oranları ve reaktans cinsinden;

$$T_e = \frac{P}{2} \left(\frac{N_s}{N_s} \right) \left(\frac{X_{ms}}{\omega_b} \right) (i_{qs}^s i_{dr}^s - i_{ds}^s i_{qr}^s) \quad (6)$$

olarak ifade edilebilir. Makine değişkenleri cinsinden tork ifadesi de;

$$T_e = \left(\frac{P}{2} \right) (i_{abr})^T \frac{\partial}{\partial \theta_r} [(L_{sr})^T] i_{abs} \quad (7)$$

şeklinde yazılacak olursa, pozitif motor hareketi için;

$$T_e = \left(\frac{P}{2} \right) [L_{sr} i_{as} (-i_{ar} \sin \theta_r - i_{br} \cos \theta_r) + L_{sr} i_{bs} (i_{ar} \cos \theta_r - i_{br} \sin \theta_r)] \quad (8)$$

şeklinde ifade edilebilir. Tork ve rotor hızı arasındaki ilişki ise;

$$T_e = J \left(\frac{2}{P} \right) p \omega_r + T_L \quad (9)$$

eşitliğiyle ifade edilebilir. Eşitlikte, J rotor ataletini, T_L yük momentini temsil etmektedir.

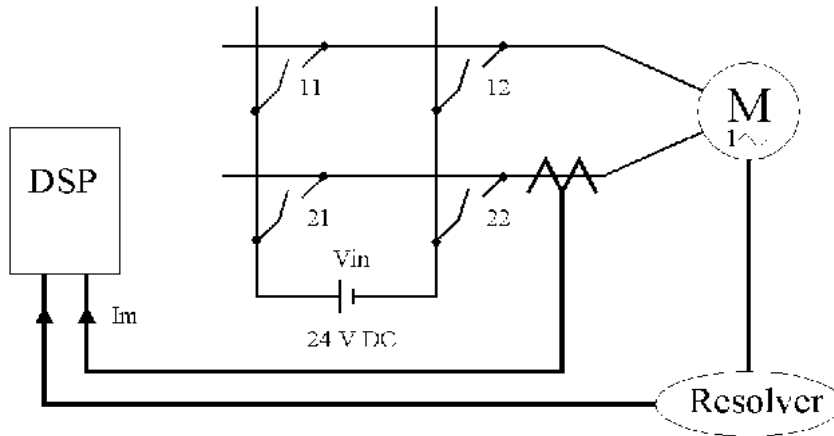
2.4 BİR FAZLI AA MOTORLARINDA TORK KONTROLU

Asenkron motor kontrolünü genel olarak iki gruba ayırabiliriz: Skaler kontrol(V/f oranı sabit) ve vektör kontrolü. Bu projede motorun vektör kontrollü olarak sürülmesi hedeflenmektedir. Vektör kontrolünde hem voltaj değeri hemde faz değişkenleri kullanılır. Matris ve vektörler, kontrol büyüklüklerini temsil etmektedirler. Vektör kontrolü ile sadece kararlı çalışmada(steady state) değil, aynı zamanda iyi bir matematiksel model kullanıldığında dinamik çalışmalarda da çok iyi sonuçlar alınabilir. Örneğin, geniş hız aralıklarında daha iyi motor torku elde edilebilmektedir.

Endüksiyon motorlarının(asenkron motorlar) yapıları çok basit olmasına karşın, matematiksel modeli oldukça karmaşıktır, çünkü stator ve rotor değişkenleri oldukça fazladır ve motorun çalışması non-lineerdir. Bu zorlukları aşabilmek için vektör kontrolü(Field Oriented Control-FOC) en iyi yöntemlerden biridir. Ancak bu metotta, geri beslemesiz (V/f) kontrole göre daha fazla hesaplama yapmak gerekmektedir. Bu işlem için, Dijital Sinyal İşlemcisi(DSP) uygun bir seçim olacaktır. DSP ile vektör kontrolünün avantajları şu şekilde sıralanabilir; Düşük hızlarda yüksek moment elde edebilme, daha iyi dinamik davranış, geniş hız aralıklarında her bir çalışma noktası için daha yüksek verim, ayrı ayrı tork ve fluks kontrolü, kısa süreli aşırı yüklenebilme, dört bölgede(Four quadrant) çalışma özelliği.

2.4.1 FUZZY KONTROLLU BİR FAZLI İNVERTÖR

Yapılması tasarlanan AA motor sürücü sisteminin genel blok şeması Şekil.4'de görülmektedir.

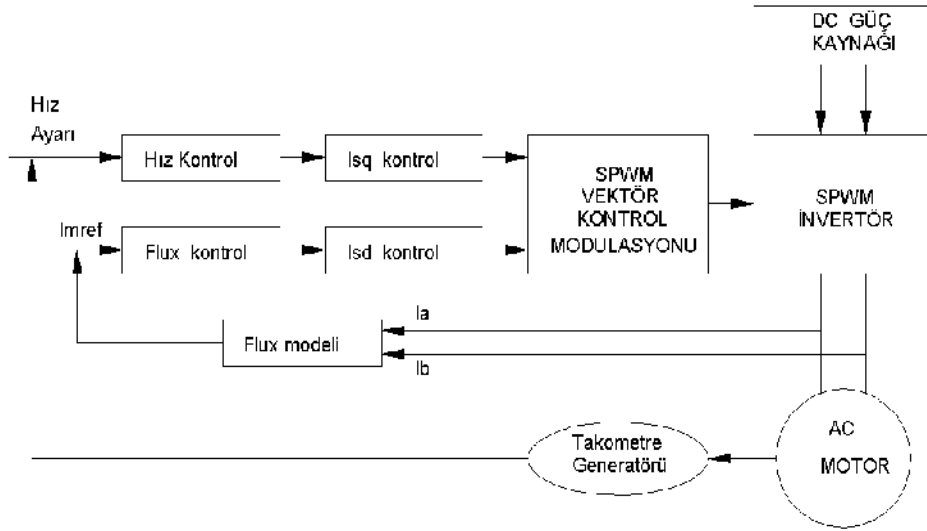


Şekil.4 :Bir fazlı invertör genel blok şeması

Sistemin donanımında; Bir fazlı asenkron motor ve yük, akım regüleli 1 fazlı invertör ve dijital sinyal işlemcisi (DSP) bulunmaktadır. Resolver, motor miline bağlı takogeneratörden alınan analog sinyallerin dijital olarak kodlayan analog-dijital çevirici(ADC)dir. Bir fazlı asenkron motorun akımı bir hall-effect akım sensörü

yardımla ölçülecektir. Dijital sinyal işlemciside, resolver ve akım sensöründen alınan sinyallere göre uygun kontrol algoritmasını çalıştırarak bir fazlı invertörü kontrol etmekte ve bir fazlı endüksiyonlu motorun optimal tork ile çalışmasını sağlamaktadır[5].

Şekil.5'de ise, vektör kontrollü SPWM invertör blok diyagramı görülmektedir. İntörde; Isd kontrol akımını oluşturmak için, ana ve yardımcı sargı akımları hall effect sensörlerle ölçülecek ve flux modeline girilecektir. Daha sonra referans değerle karşılaştırılarak SPWM invertöre verilecektir. Isq kontrol akımı için ise, motor devri bir tako-generatör ile ölçülecek, ölçülen analog sinyal, referans hız değeri ile karşılaştırılarak hız kontrolcusuna verilecektir. Hız kontrolcusundan alınan sinyalde yine SPWM invertöre uygulanacaktır. SPWM vektör kontrol modülasyonu fuzzy lojik ile yapılacaktır. SPWM invertörle, motorun gerilim(V) ve açısal hızı(ω) kontrol edilerek, motorun ilk çalışma anında çekeceği fazla akım, dolayısıyla motor torkunun ayarlanması hedeflenmektedir.



Şekil.5: Vektör kontrollü SPWM invertör akım kontrol diyagramı

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Güneş pilleriyle Bir fazlı kondansatörlü endüksiyon motorunun çalıştırılması amacıyla kurulacak olan sistemimiz otonom bir sistemdir ve otonomi periyodu $n=5$ gündür. Sistemin verimini yükseltebilmek ve maliyetini düşürebilmek için, 220 Voltluk bir fazlı kondansatörlü motorunu vektör kontrollü olarak SPWM invertör yardımıyla sürülmesi tasarlanmaktadır. Böylece, bir fazlı motorun ilk çalışma anında çekmiş olduğu aşırı akım (nominal akımın 3-5 katı) optimal seviyeye çekilmeye çalışılacaktır. Bunun sonucundada, sistemin sağlıklı çalışabilmesi için gerekli, PV-eleman, şarj regülatörü, akümülatör, transformatör ve invertör kapasitelerini mümkün olduğunca minimize ederek ekonomik bir sistem kurulması hedeflenmektedir.

Sistem kurulmadan önce, SPWM invertör ile bir fazlı motoru vektör kontrollü olarak sürececek sistemin MATLAB programında similasyonları yapılacak ve alınacak sonuçlara göre, dijital sinyal işlemcisi (DSP) veya başka bir kontrol cihazı ile sürücü sisteminin

uygulaması yapılacaktır. Daha sonra sistem komple kurularak belirlenen periyotlarda çalıştırılacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. Beklergöl, M., "Fotovoltaik Enerjiyle Soğutma" , Yüksek Lisans tezi, İzmir, 1999.
2. Çolak, M., "Güneş Pilleri ve Uygulamaları", Mühendis ve Makina 382, s.21-25, 1991.
3. Texas Instruments, "Digital Signal Processing Solution for AC Induction Motor", Application Note, BPRA043, s.11-15, 1996.
4. Krause, P. C., Wasynczuk, O.,Sudhoff, S. C., Analysis of Electric Machinery, Chapter 11, s.425-438, IEEE Press, New York, 1995.
5. Chen, Der-Fa., "Implementation of a Novel Matrix Converter PMSM Drive", IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems , Vol.37, No.3, July 2001.