

# KIZILTEPE OVASINDA TARIMSAL SULAMADAN KAYNAKLANAN GERİLİM DALGALANMALARININ ASENKRON MOTORLARIN PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Halil İbrahim AYDINÖZ<sup>(1)</sup>

Bilal GÜMÜŞ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> TEİAŞ Batı Akdeniz Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü, Kepez/ANTALYA

<sup>(2)</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, DİYARBAKIR

halil.ibrahim.aydinoz@gmail.com , bilgumus@gmail.com

## Özet

Türkiye'nin tarımsal arazilerin çok yüksek bir oranının mevcut olduğu GAP uygulama bölgesinin sulama ağı çok yetersizdir. Bu nedenle sulama işlemi, çiftçilerin kendi olanaklarıyla kurdukları, derin kuyulardan yer altı suyunun yüksek güçlü asenkron motorlar ile yeryüzüne çıkarıldığı tesislerle yapılmaktadır. Kızıltepe ovasında bulunan sulama tesislerinin elektrik dağıtım ve iletim şebekesi üzerinde ciddi etkileri mevcuttur. Bu çalışmada sulama dönemlerinde şebekede meydana gelen gerilim dalgalanmalarının asenkron motorların performansı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu amaçla ele alınan bir sulama tesisinde kullanılan pompa-asekron motor grubu MATLAB/Simulink'te modellenmiş ve benzetim çalışması yapılmıştır. Benzetim çalışmalarında bozulan şebeke geriliminin asenkron motorun performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kızıltepe Bölgesindeki transformatör merkezlerinden alınan gerilim ölçüm sonuçları benzetimlerde kullanılmıştır. Motor-pompa grubu bozuk şebeke gerilimine doğrudan ve farklı tip değişken hızlı sürücüler (VFD) üzerinden bağlanarak motor çıkış parametreleri ve verim incelenmiş olup sonuçlar sunulmuştur. Sonuçlara bağlı olarak şebeke geriliminde dalgalanmayı azaltma yönünde asenkron motor sistemlerinde alınabilecek önlemler tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: asenkron motor, VFD, gerilim bozulmaları

## 1. Giriş

Türkiye genelinde ekonomik olarak sulanabilir alanın beşte birini bünyesinde bulunduran GAP yöresinde, bölgesel sulama projelerinin büyük bir bölümü tamamlanmamıştır.[1] Bu durum, tarımsal sulamanın elektrik enerjisi kullanılarak derin kuyulardan asenkron motor dalgıç pompa sistemleri ile suyun yeryüzüne çıkarılması ile çiftçiler tarafından bireysel olarak yapılmasına neden olmuştur. Yer altı suyunun

kimi kuyularda 400 m derinlikten çıkarılıyor olması motor güçlerinin de büyümesine neden olmaktadır.[2] Sulama sistemlerinde damla, yağmurlama gibi tekniklerin de kullanılmaması büyük motor ve pompa güçlerinin kullanılmasına neden olmaktadır. Bölgede kullanılan asenkron motorların ortalama güçleri 100 kW'ın üzerindedir. Bölgede binlerce kuyu olduğu düşünüldüğünde asenkron motorların bölgenin elektrik şebekesi içinde önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Bu büyük güç bir yandan şebeke enerji kalitesi üzerinde ciddi bir etki yaratırken bir yandan da şebeke kalitesinden önemli oranda etkilenmektedir.[3,9]

Bu bildiri de asenkron motor pompa sistemleri için mevcut sürücü sistemleri yapıları, uygulanma alanları, incelenmiştir. Bu incelemeler sonucu MATLAB / Simulink yazılımı yardımıyla asenkron motor dalgıç pompa sistemi modellenmiştir. Elde edilen model yardımıyla asenkron motorun, doğrudan ve farklı tip sürücü sistemler üzerinden bozuk gerilim ile çalıştırılması durumunda, performansı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan gerilim dalgalanması altında hangi sistemin daha kararlı bir yapı sergilediği ve şebekeye bozucu yönde etkisinin azaldığı incelenmiştir. Böylelikle ele alınan pilot bölge için optimum çözümlerin üretilebilmesi mümkün olacaktır.

## 2. Asenkron Motor Pompa Sisteminin Benzetim Modeli

Kızıltepe yöresinde şebekedeki gerilim değişimlerinin ana kaynağının mühendislik tekniklerine göre elektrik alt yapı sistemleri kurulmamış asenkron motor yükleri nedeniyle oluştuğu yapılan analizlerden görülmektedir. Bunun yanında bozulan şebeke kalitesinin de asenkron motorlar üzerinde etkileri mevcuttur. Şebeke gerilimindeki salınımların asenkron motor pompa sistemi üzerindeki etkilerinin incelenebilmesi amacıyla sistem modellenerek

benzetimi yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle bölgede bir sulama tesisi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Mevcut tesiste dalgıç pompa tipinde 10 adet dalgıç pompa bulunmaktadır ve her iki pompa grubunu besleyen 320 kVA gücünde 34.5 kV /400V indirici dağıtım transformatörü bulunmaktadır. Tesiste toplam beş adet transformatör mevcuttur. Toplam kurulu transformatör gücü 16 MVA olup, ortalama bir sanayi tesisinin kurulu gücü kadardır. Tesisteki asenkron motorların gücü 100-150 BG arasında değişmektedir. Tesiste bir transformatöre bağlı iki adet 150 BG gücündeki asenkron motor dalgıç pompa grubu benzetim modeli olarak seçilmiştir. Benzetimde bozuk şebekenin modellenmesinde tesisi besleyen dağıtım hattındaki gerçek gerilim ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Benzetim çalışması yapabilmek amacıyla asenkron motor dalgıç pompa sisteminin modeli MATLAB/Simulinkte hazırlanmıştır.

## 2.1. Asenkron Motor Modeli

Hazırlanan modelde asenkron motoru dinamik olarak modellenmiştir. Kararlı halde değişkenler zamana bağlı olmadığından hız daima sabittir. Dinamik modelde ise değişkenler zamanla değiştiğinden ötürü hız da değişkenlik gösterir. Bu sebepten dolayı dinamik modelde basit modelde kullanılan eşdeğer devre kullanılmaz. Dinamik modelde kullanılan d ve q eşdeğer devrelerine ait denklemler aşağıda verilmiştir.[4]

$$V_{qs} = R_s \cdot i_{qs} + \frac{d}{dt} \varphi_{qs} + \omega \varphi_{ds} \quad (1)$$

$$V_{ds} = R_s \cdot i_{ds} + \frac{d}{dt} \varphi_{ds} - \omega \varphi_{qs} \quad (2)$$

$$V'_{dr} = R'_r \cdot i'_{dr} + \frac{d}{dt} \varphi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \varphi'_{qr} \quad (3)$$

$$V'_{qr} = R'_r \cdot i'_{qr} + \frac{d}{dt} \varphi'_{qr} + (\omega - \omega_r) \varphi'_{dr} \quad (4)$$

Denklemlerde,  $V_{qs}$ ,  $V'_{qr}$  q eksenli stator ve rotor gerilimi,  $V_{ds}$  ve  $V'_{dr}$  ise d eksenli stator ve rotor gerilimidir.  $\omega_r$  açılma hızı ifade eder. Aynı şekilde  $I_{qs}$ ,  $I'_{qr}$  q eksenli stator ve rotor akımını,  $I_{ds}$  ve  $I'_{dr}$  ise d eksenli stator ve rotor akımlarını ifade eder.[4]

## 2.2 Dalgıç Pompa Modeli

Bir sıvının istenilen bir yere iletimini sağlayan veya başka bir deyişle sıvıyı transfer eden cihaz, düzenek veya sistemlere "Pompa" denir. Pompanın yapacağı iş; transfer edeceği sıvıyı taşımak için gerekli olan potansiyel ve kinetik enerjiyi sağlamaktır.[5]

Dalgıç pompalarda hızın akış, basınç ve güç sarfiyatını nasıl etkilediğini ideal fan (afinite) kanunları tanımlar. Bu benzeşim kanunları Tablo 1 de gösterilmiştir.[6]

Tablo 1. Afinite Kanunları, Debi, Basınç ve Gücün devir sayısı ile değişimi.

Akış (Debi)	$Debi_2 = Debi_1 \cdot (n_2/n_1)$
Basınç	$Basınç_2 = Basınç_1 \cdot (n_2/n_1)^2$
Güç	$Güç_2 = Güç_1 \cdot (n_2/n_1)^3$

Pompa aşağıdaki denklemler baz alınarak modellenmiştir.

Sistem karakteristiği, bir sistemde basma yüksekliği ile debi arasındaki ilişkidir. Basma yüksekliğinin bir bölümü debi ile değişmez, diğer bölümü ise dinamik karakterde olup, debinin karesi ile orantılıdır. Aynı zamanda boru geometrisi, pürüzlülük, akışkanın viskozitesi gibi birtakım başka faktörler de basma yüksekliğine etki eder. Pek çok endüstriyel uygulamada basma yüksekliği tamamen sürtünme kayıplarından oluşur (kapalı devre sirkülasyon sistemleri). Sürtünme kayıpları  $H_k$  debinin karesi ile doğru orantılı olduğundan[7]

$$H_k = KQ^2 \quad (5)$$

Şeklinde gösterilebilir. Burada K sistem sabitidir. Statik basma yüksekliği ( $H_s$ ) debiye bağlı değildir. Sistemin gerektirdiği basma yüksekliği, statik basma yüksekliği  $H_s$  ile sürtünme kayıpları  $H_k$  toplamıdır.[7]

$$H = H_s + H_k \quad (6)$$

Bu eşitlikte 5 eşitliği yerine konursa:

$$H = H_s + KQ^2 \quad (7)$$

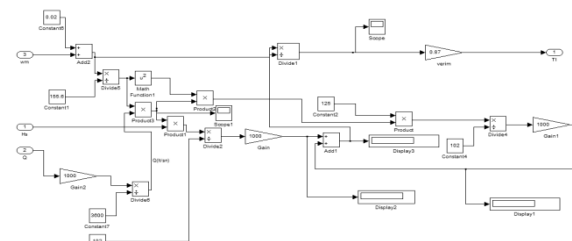
Pompa verimini hesaba katılmazsa, akışkanı bir sisteme pompalamak için gereken güç (P), debi (Q), basma yüksekliği (H) ve akışkanın yoğunluğunun ( $\rho$ ) çarpımına eşittir. Burada debi (lt/sn), basma yüksekliği (m), yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>), güç ise (kW) olarak hesaba alınmalıdır. [7]

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (8)$$

(7) nolu eşitlikten basma yüksekliğini alıp güç eşitliğine taşırsak:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot (KQ^2 + H_s) \quad (9)$$

elde edilir. Şekil 2'de Matlab/Simulinkte benzetimi yapılan pompa modeli gösterilmiştir.[10]



Şekil 2. Simulink pompa modeli

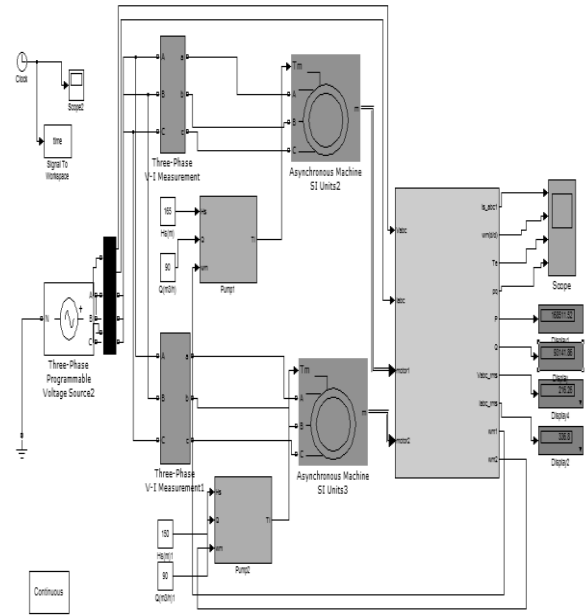
Pompa modelinde giriş parametreleri debi(Q), statik basınç(Hs) ve asenkron motorun çıkışından alınan devir sayısıdır. Çıkış parametresi ise yük momenti  $T_{load}$ 'dir. Bu moment asenkron motorun modelinde yük momenti olarak kullanılmıştır.

Modelde seçilen çalışma alanındaki pompa grubuna ait iki pompanın statik basınçları 165 m ve 150 m olarak girilmiştir. Debiler her iki pompa içinde 90 (m<sup>3</sup>/s) veya 25 (lt/sn) olarak alınmıştır.

### 3. Benzetim Çalışmaları

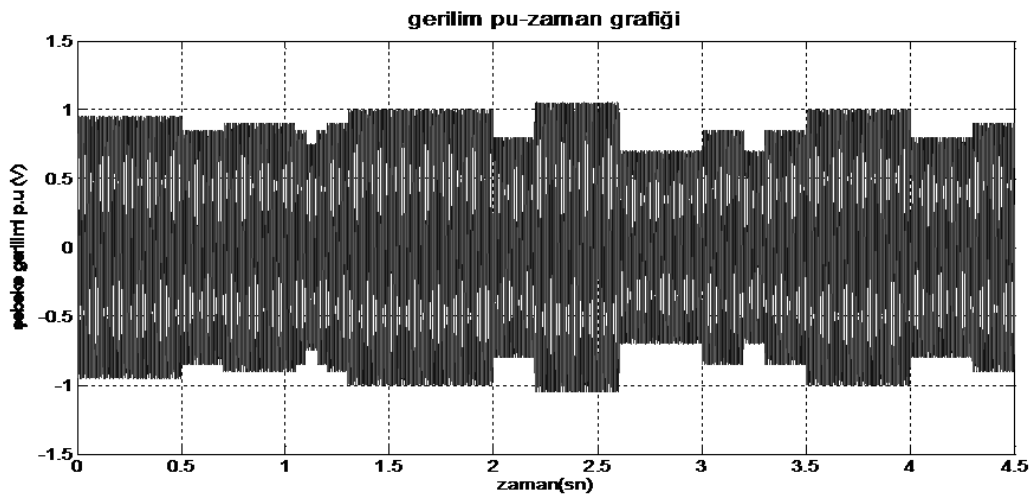
Hazırlanan modelin gerçek değerlere yakın sonuç verebilmesi için seçilen çalışma alanında kullanılan asenkron motor gücü olan 150 BG (110 kW) benzetim modelinde motor gücü olarak seçilmiştir. Benzetim çalışması iki senaryo düşünülerek yapılmıştır. Birinci senaryo pompa yükü bağlı motorlar doğrudan yol verilmesidir. Bu derece büyük güçlü asenkron motorlara doğrudan yol verilmesi mühendislik tekniklerine uygun değildir. Ancak ele alınan bölgede yapılan incelemelerde birçok sulama tesisinde 100-150 BG gücündeki motorlara doğrudan yol verildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle doğrudan yol verilen motorların analizinin yapılması öngörülmüştür.

İkinci senaryo ise pompa-motor sisteminin altı adımlı sürücü ile sürülmesi olarak seçilmiştir. Şekil 3'te doğrudan yol verme Simulink blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3. Doğrudan yol vermenin Simulink modeli

Benzetim çalışmasında trafo merkezindeki ölçümlerden alınan anlık şebeke gerilim değerleri kullanılmıştır. Şebeke gerilim grafiği p.u. cinsinden Şekil 4'de gösterilmiştir. Böylelikle sistemde meydana gelen gerilim dalgalanmalarının asenkron motor pompa düzeneğinin performansına etkilerinin incelenmesi mümkün olmuştur

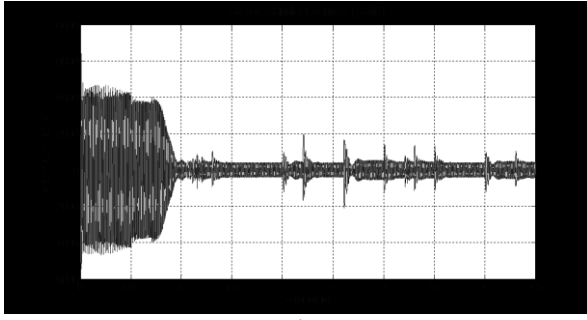


Şekil 4. Dalgalı şebeke gerilimi p.u zaman grafiği

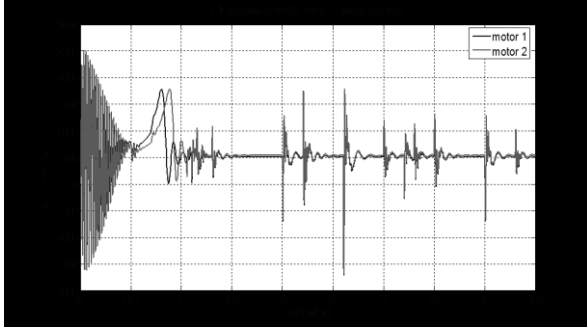
#### A. Senaryo 1

İlk uygulamada seçilen tesiste bozuk şebeke gerilimi altında motora pompa yükü bağlıyken doğrudan yol verme durumu modellenmiş ve belirlenen

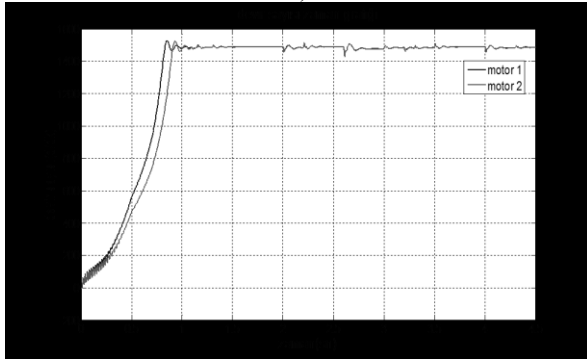
parametreler incelenmiştir. Motora doğrudan yol verme durumunda stator akımları, elektromanyetik tork ve rotor hızı Şekil 5'de gösterilmiştir.



a)



b)



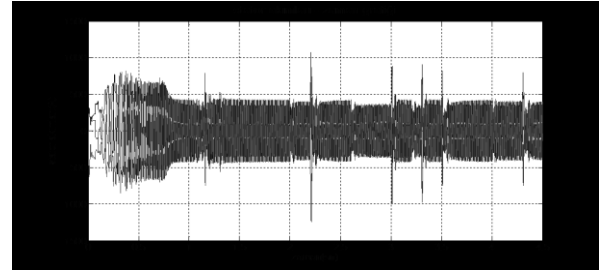
c)

**Şekil 5.** Senaryo 1'in a) stator akımları b) elektriksel moment c) rotor hızı(d/dk)

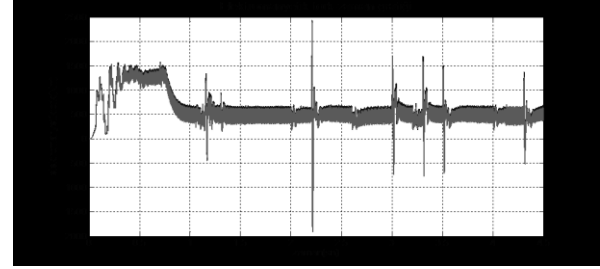
Sonuçlar incelendiğinde iki motorun kalkış anında şebekeden çektiği toplam akımın 4700 A'e çıktığı görülmektedir. Bu sırada motor pompa grubunun şebekeden çektiği aktif güç 660 kW, reaktif güç ise 2100 kVAr olmaktadır. Motorlar nominal devir sayılarına ulaştığında şebekeden çektikleri akımlar 569 A olmaktadır. Bu sırada şebekeden çektikleri aktif ve reaktif güçler sırasıyla 166 kW ve 107 kVAr'dir. Şebeke gerilimini 0.7 pu değerine düşmesi ile şebekeden çekilen akım 1703 A olmakta, motorun devir sayısı % 5,3 azalmaktadır. Bu sırada şebekeden çekilen aktif güç % 49,4 azalmaktadır.

## B. Senaryo 2

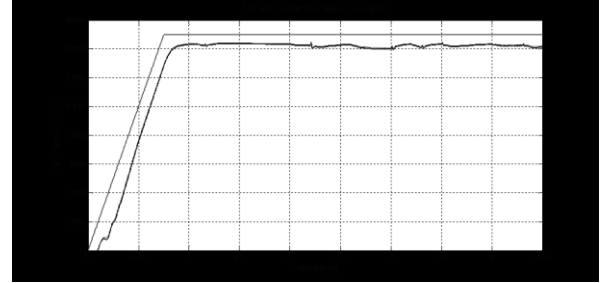
Bu benzetimde altı adımlı VFD ile motora pompa yükü bağlıyken sürülme işlemi modellenmiştir. Sürücü sistemiyle motorun stator akımları, momentleri, rotor hızı ve doğru akım barasının tepkileri incelenmiştir. Benzetim sonuçları Şekil 6' da gösterilmiştir.



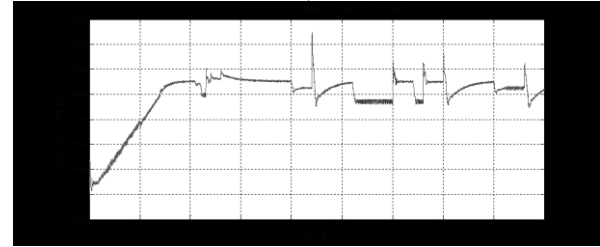
a)



b)



c)



d)

**Şekil 6.** Senaryo 2'in a) stator akımları b) elektriksel moment c) rotor hızı(d/dk) d) Dc bara gerilimi(V)

Sonuçlar incelendiğinde iki motorun kalkış anında şebekeden çektiği toplam akımın 782 A'e çıktığı görülmektedir. Bu sırada motor pompa grubunun şebekeden çektiği aktif güç 186 kW, reaktif güç ise 435 kVAr olmaktadır. Motorlar nominal devir sayılarına ulaştığında şebekeden çektikleri akımlar 425 A olmaktadır. Bu sırada şebekeden çektikleri aktif ve reaktif güçler sırasıyla 122 kW ve 31 kVAr'dir. Şebeke gerilimini 0,7 pu değerine düşmesi ile şebekeden çekilen akım 280 A olmakta, motorun devir sayısı % 2,77 azalmaktadır. Bu sırada şebekeden çekilen aktif güç % 25,4 azalmaktadır.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada bozuk şebeke gerilimi altında asenkron motora pompa yükü bağlıyken doğrudan ve altı adımlı VFD ile sürülerek kalkış akımları, elektromanyetik

momentleri, rotor hızları ve sürücünün doğru akım baralarının gerilim tepkileri incelenmiştir. Tablo 2’de doğrudan ve altı adımlı VFD ile beslenen asenkron motor pompa sisteminin benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kalkış akımı yol alma momenti, sürekli durumda stator akımları ve devir sayıları ele alınmıştır. Dengeli ve dalgalı şebeke altında sonuçlar elde edilerek karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 2. de görüldüğü gibi doğrudan yol vererek yapılan uygulamanın pompa yükü gibi zamanla değişen dinamik bir yüke tepkisi yüksek kalkış akımı olarak gerçekleşmiş aynı zamanda bozuk şebeke gerilimi altında pompa grubunun momenti dengelenmemiş ve simülasyon boyunca dalgalanma devam etmiştir. Altı adımlı VFD ile pompa grubu sürülmesinde kalkış akımının 6 kat kadar düştüğü görülmüştür. Ani gerilim değişimlerinde sürücü sisteminin dalgalı şebeke gerilimini DA bara gerilimi ile tolere ederek 0.02 ms gibi çok kısa sürelerde akım değerini nominal seviyeye getirebildiği ve aynı zamanda elektromanyetik moment değişimleri nominal moment sınırlarında içinde tutabildiği tespit edilmiştir. Santfiruj pompaların debisi rotor hızıyla doğrudan orantılı olduğundan rotor hızındaki değişimler debiyi doğrudan etkilemektedir. Sürücü sistemle beslemede devir hızı değişimi doğrudan yol vermeye göre daha az olduğundan debi konusunda çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat değişken hızlı sürücülerle alakalı bilinmesi gereken durumlar vardır. Bunlar statik basıncın yüksek sürtünmenin az olduğu yerlerde kullanılmasının verim üzerinde olumsuz

etkilerinin olduğudur. Ayrıca değişken hızlı sürücüler ucuz ekipmanlar değildir ve bakımları ayrı maliyet gerektirir. Bunun yanında bakım ve işletilmesi için belli eğitimden geçmiş kalifiyeli eleman ihtiyacı vardır. Bunlar değişken hızlı sürücülerin dezavantajları olarak görülebilir. Bunun yanında sürücülerin uzaktan kumanda edilebilmeleri, kayıpları minimuma indirebilmeleri ve pompanın en verimli noktasında çalışmasına olanak sağlayabilmeleri daha güvenli bir çalışma oluşturur. Bir sulama tesisine değişken hızlı sürücüler bağlanmadan önce etütlerin iyi bir şekilde yapılması ve maddi dengeler gözetilerek kurulum yapılması gerekir.[9] Güneydoğu Anadolu’nun yüksek verimli arazilerinin sulanmasının ne kadar önemli olduğu bir gerçektir. Öte yandan derin kuyularla yapılan sulama sistemlerinin enterkonnekte sistem (ulusal elektrik sistemi) üzerinde bozucu etkiler meydana getirmemesi gerekmektedir. Bu sonuçlar çerçevesinde önceliğin elektrik şebekelerinin kararlı çalışması gerektiği düşünüldüğünde, bölgedeki verimli tarım arazilerini sulamada değişken hızlı sürücülerin kullanılması bir ihtiyaçtır. Bölgedeki sulama tesislerinde kullanılan doğrudan yol verme yönteminin kullanılan motor güçlerine uyumsuzluğu nedeni ile bir an önce terk edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde şebekede meydana gelen gerilim dalgalanmalarının önlenmesi olanaklı olmayacaktır. Bildiri bu konuda genel sistem üzerinde lokal bir çalışma olsa da, gerek daha sonraki çalışmalara gerekse bölgedeki çiftçilerin kuracağı tesislerde yol gösterici olacaktır.

**Tablo 2.** Doğrudan ve altı adımlı VFD ile yol verme benzetim sonuçlarının karşılaştırılması

Yol verme tipi	Gerilim Şekli	Ik	Te(start)	Isabc(rms)	Vdc(rms)	wm (%değ.)
Doğrudan	Dengeli	4992	2720	280,9	yok	% 5,3
	Dalgalı	4700	2490	300,3		
	% Değişim	-5,8	-8,45	6,8		
Altı Adımlı VFD	Dengeli	760	1280	186,3	454,67	% 2.7
	Dalgalı	780	1300	196,9	416,36	
	% Değişim	2,5	1,5	5,6	-8,4	

## Kaynaklar

- 1) Francesco ILICETO, Mardin, Kızıltepe, Dikmen ve Şanlıurfa Bölgesinde Meydana Gelen Gerilim Salınımları, 2010, APK Dairesi TEİAŞ İnceleme Raporu
- 2) Ahmet ATILGAN, Su Raporu, HİZMET-İŞ Sendikası Yayınları, 2009, Ankara
- 3) Nejat Tuncay, " Elektrik Enerji Kalitesinin Tanımı", Elektrokent perpa dergisi, Ocak-Şubat 2001
- 4) Fuat Işık, Gerilim Dengesizliklerinin Asenkron motor Üzerinde Etkisinin İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, 2011
- 5) Abdülkadir SARIGÜL Santrifuj Pompalarda Enerji Verimliliği, Y.Lisans Tezi, 2010

- 6) Değişken Frekanslı Sürücü (Variable Frequency Drive-VFD) Teknolojisi- İşletme ve Uygulamalar, Alarko Carrier Teknik Bül., Mayıs 2006
- 7) ERTÖZ A. Ö, DUYMUŞ E. "Değişken Devirli Pompaların Seçimi" 4. Pompa Kongresi, İstanbul, 2001
- 8) Lev Nelik, Değişken Hızlı Sürücülerin Pompa Performansı Üzerine Etkileri, www.pompakademisi.com
- 9) M.H.J. Bollen. Understanding Power Quality Problems – Voltage Sags and Interruptions. New York: IEEE Press, 2000.
- 10) Matlab Programı, www.mathworks.com Erişim Tarihi: 14.01.2013