

GELİŞMİŞ STATİK VAR KOMPANZATÖRÜN (GSVK) ANLIK GÜÇ TEORİSİ TABANLI DENETİMİ

Şule ÖZDEMİR¹ Şule KUŞDOĞAN² Engin ÖZDEMİR³

^{1,3}Elektrik Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi, 41100 İZMİT

²Elektrik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi, 41100 İZMİT

¹e-posta: sozaslan@kou.edu.tr

²e-posta: s.kusdogan@superonline.com

³e-posta: eozydemir@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Statik Var Kompanzasyon, Anlık Güç Teorisi, Harmonikler

ABSTRACT

In this study, it is proposed Instantaneous Reactive Power Theory based control of Advanced Static Var Compensator (ASVC) to suppress harmonic and reactive power of a nonlinear load. A three phase voltage source inverter bridge with a DC capacitor is used as an ASVC. A three phase diode rectifier is employed as the nonlinear load. The results of simulation study of the new control strategy are presented in this paper. The steady state and transient performance of the proposed control algorithm is found quite satisfactory to eliminate the harmonics and reactive power components of the nonlinear load. ASVC is found effective to meet the harmonic level presented in IEEE 519 standard recommendations.

1. GİRİŞ

Alternatif akım sistemlerinde; kayıpların en aza indirilmesi ve sistemin enerji kapasitesinin artırılması için reaktif gücün kontrolü gereklidir. Bir güç sisteminin reaktif güç dengesi; şebeke aktif kayıplarını, elemanların ısınmasını ve bazı durumlarda güç sisteminin kararlılığını etkilemektedir. Kompanzatorler ile güç üretimi ve tüketimindeki büyük ve hızlı reaktif güç değişimlerini kontrol etmek mümkündür. Güç elektroniği teknolojisinin son yıllardaki hızlı gelişimi ve statik güç dönüştürücüleri gibi doğrusal olmayan yüklerin kullanımı sonucu güç iletim ve dağıtım sistemlerinde güç kalitesi bozulmuş ve kompanzasyon ihtiyacı artmıştır. Böylece birçok gelişmiş ülkede doğrusal olmayan yüklerin ürettiği akım harmoniklerinden kaynaklanan gerilim harmonikleri ve kompanzasyon talebi ciddi bir problem haline gelmiştir.

Elektrik güç sistemlerinde reaktif güç kompanzasyonunda; senkron kompanzatorler, doymuş reaktörler, anahtarlamalı kondansatörler ve bobinler sistem gerilimini kontrol etmek için kullanılmaktadır. 1970'lerden sonra, sabit kondansatörlü tristör kontrollü reaktörler (SK-TKR) ya da tristör

anahtarlamalı kondansatörler (TAK) reaktif güç kompanzasyonunda kullanıldılar. Tüm bu sistemlerden sonra, sadece DA tarafta bulunan küçük kondansatörlü bir gerilim kaynaklı evirici tabanlı statik var kompanzatorler reaktif güç kontrolü için geliştirilmiştir. Bunlar "Gelişmiş Statik Var Kompanzatorler" (Advanced Static Var Compensator) olarak bilinmektedir. GSVK'de kullanılan, kapasite ölçüleri geleneksel SVK'lere göre daha azdır.

Reaktif güç kompanzasyonu veya kontrolü, bir güç sisteminde güç iletim kayıplarını en aza indirmek, güç iletim kabiliyetini artırmak, güç sistemini kararlı hale getirmek ve kaynak geriliminin sürekliliğini sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

Tek veya üç fazlı devrelerde reaktif güç, kararlı durumda sinüzoidal akım ve gerilim dalga şekilleri için ortalama değer kavramı kullanılarak tanımlanmaktadır. Üç fazlı devrelerde anlık güç, geçici rejim de dahil olmak üzere akım ve gerilim dalga şekilleri için anlık değer kavramına dayalı olarak belirlenmektedir.

2. ANLIK GÜÇ TEORİSİ

Akagi [1] 1984 yılında, anlık güç teorisi veya p-q teorisi olarak da bilinen "Üç Fazlı Devrelerde, Genelleştirilmiş Anlık Reaktif Güç Teorisi"ni önermiştir. Bu teori, nötr hatlı veya hatsız üç fazlı güç sistemindeki anlık değerlere bağlıdır ve akım ve gerilim dalga şekillerinde olduğu kadar kararlı hal veya geçici rejim işletiminde de geçerlidir. p-q teorisi, anlık güç bileşenleri hesaplamasının ardından, a-b-c koordinatlarındaki üç fazlı akım ve gerilimlerin, α - β -0 koordinatlarına cebrik dönüşümünden (Clarke dönüşümü) oluşmaktadır [2].

Anlık imajiner güç, yeni bir elektrik terimi olarak üç fazlı devrelerde kullanılmaktadır. Böylece anlık reaktif güç, anlık imajiner güç kullanılarak, tüm bozuk dalga şekilleri de dahil olmak üzere üç fazlı

akım ve gerilim dalga şekilleri için tek bir değer olarak tanımlanmaktadır. Bu amaçla geliştirilen teoriye göre enerji depolama elemanı olmayan anahtarlama elemanı yeni bir anlık reaktif güç kompanzatoru önerilmektedir. Bu kompanzator, geçici rejimde sadece temel reaktif gücü değil aynı zamanda bazı harmonik akımları da yok etmektedir. Örneğin üç fazlı doğal komütasyonlu frekans çeviricide, $f_{\pm 6f_0}$ frekansına sahip harmonik akımlar yok edilebilmektedir (f; giriş frekansı f_0 ; çıkış frekansı) [3].

2.1. Anlık İmajiner Güç

Üç fazlı devrelerde anlık akım ve gerilimlerle ilgili olarak işlem yapmak için, bunların niteliklerini anlık uzay vektörü olarak ifade etmek yeterlidir. Anlık reaktif güç teorisinde üç fazlı akım ve gerilimler aşağıdaki gibi ifade edilir.

a-b-c koordinatlarında a,b,c eksenleri birbirlerinden 120 şer derecelik bir mesafede olacak şekilde aynı düzlemde sabitlenir. Anlık uzay vektörleri e_a ve i_a a eksenine yerleştirilir. Genlikleri ve (+,-) yöndeki hareketleri zaman ile değişir. Aynı şekilde e_b ve i_b b eksenine, e_c ve i_c de c eksenine yerleştirilir. Bu uzay vektörleri kolayca α - β koordinatlarına dönüştürülür:

$$\begin{bmatrix} e_\alpha \\ e_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

(1), (2) denklemlerinde α ve β ortogonal koordinatlarıdır. e_α ve i_α α ekseninde, e_β ve i_β β eksenindedir. Üç fazlı devredeki geleneksel anlık güç aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$p = e_\alpha \cdot i_\alpha + e_\beta \cdot i_\beta \quad (3)$$

p aslında aşağıdaki bilinen ifadeye eşittir:

$$p = e_a \cdot i_a + e_b \cdot i_b + e_c \cdot i_c \quad (4)$$

İmajiner eksen vektörüdür ve sağ el kuralına uygun olarak α - β koordinatlarında reel tabakaya diktir. e_α 'nın i_α 'ya ve e_β 'nin i_β 'ya paralel olduğu, ayrıca e_α 'nın i_β 'ya ve e_β 'nin i_α 'ya dik olduğu hesaba katılırsa, alışılmış güç p ve anlık imajiner güç q aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (5)$$

(5) eşitliğinde $e_\alpha \cdot i_\alpha$ ve $e_\beta \cdot i_\beta$ 'nin ortalama anlık güç olduğu açıktır. Çünkü bu ifadeler, aynı eksenlerdeki anlık gerilim ve anlık akımın bir ürünü olarak tanımlanır. Bu yüzden, üç fazlı devredeki gerçek güç p'dir ve birimi [W]'dir. Bunun tersine, $e_\alpha \cdot i_\beta$ ve $e_\beta \cdot i_\alpha$ anlık güç değildir. Çünkü bunlar birbirine dik eksenlerde bulunan anlık gerilim ve anlık akımın ürünü olarak tanımlanmaktadır. Buna göre q, alışılmış elektrik birimi olarak nitelendirilemez. Böylece q'yu yeni bir birim ile tanımlamak gereklidir. Çünkü birimi [W], [VA] veya [var] değildir. Bundan sonra, anlık imajiner güçten alışılmış anlık güç ayırmak için, alışılmış anlık güç p "anlık gerçek güç" olarak adlandırılacaktır [2].

2.2. Anlık Reaktif Gücün Tanımı ve Fiziksel Anlamı

(5) eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \quad (6)$$

(6) eşitliğindeki e_α ve e_β 'li determinant sıfır değildir.

α - β koordinatlarındaki anlık akımlar i_α ve i_β iki anlık akım bileşenine ayrılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{\alpha p} \\ i_{\beta p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} i_{\alpha q} \\ i_{\beta q} \end{bmatrix} \quad (7)$$

(7) eşitliğindeki α ve β eksenlerindeki anlık güçler, sırasıyla p_α ve p_β olarak adlandırılır. Bunlar aşağıdaki alışılmış eşitlikler ile verilir:

$$\begin{bmatrix} p_\alpha \\ p_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha i_\alpha \\ e_\beta i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha i_{\alpha p} \\ e_\beta i_{\beta p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_\alpha i_{\alpha q} \\ e_\beta i_{\beta q} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Üç fazlı devredeki anlık gerçek güç p, (7) ve (8) eşitlikleri kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$p = p_\alpha + p_\beta = \frac{e_\alpha^2}{e_\alpha^2 + e_\beta^2} p + \frac{e_\beta^2}{e_\alpha^2 + e_\beta^2} p + \frac{-e_\alpha e_\beta}{e_\alpha^2 + e_\beta^2} q + \frac{e_\alpha e_\beta}{e_\alpha^2 + e_\beta^2} q \quad (9)$$

(9) eşitliğinde sağ taraftaki üçüncü ve dördüncü terimlerin toplamı daima sıfırdır. (8) ve (9) eşitliklerinden aşağıdaki eşitlikler elde edilir:

$$p = e_{\alpha} i_{\alpha p} + e_{\beta} i_{\beta p} \cong p_{\alpha p} + p_{\beta p} \quad (10)$$

$$0 = e_{\alpha} i_{\alpha q} + e_{\beta} i_{\beta q} \cong p_{\alpha q} + p_{\beta q} \quad (11)$$

(10) ve (11) denklemlerinin incelenmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

- Anlık güçlerin toplamı $p_{\alpha p}$ ve $p_{\beta p}$, üç fazlı devrede anlık gerçek güce karşılık gelir. Bu nedenle $p_{\alpha p}$ ve $p_{\beta p}$ anlık aktif güç olarak adlandırılır.
- $p_{\alpha q}$ ve $p_{\beta q}$ anlık güçleri birbirlerini yok ederler ve kaynaktan yüke akan anlık güç akışına katkıda bulunmazlar. Bu yüzden $p_{\alpha q}$ ve $p_{\beta q}$ anlık reaktif güç olarak adlandırılır.
- Üç fazlı devrede tanımlanan anlık imajiner gücün fiziksel anlamının, her fazdaki anlık reaktif güçten oldukça farklı olduğuna dikkat edilmelidir.

Üç fazlı sinüzoidal bir devrede anlık gerçek güç ve anlık imajiner gücün her ikisinin sabit olduğu açıktır. Anlık gerçek güç, alışımlı reaktif gücün her faz için üç katına tesadüf eder. Buna ek olarak anlık imajiner güç, her fazdaki reaktif gücün sayısal olarak üç katına eşittir. Bununla birlikte anlık imajiner güç, ortalama değer kavramına dayalı alışımlı reaktif güçten tanım ve fiziksel anlam olarak oldukça farklıdır.

2.3. Kontrol Stratejisi

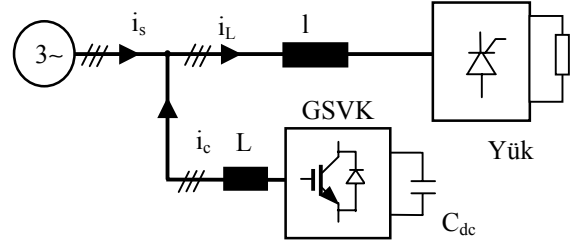
Bu bölümde açıklanan anlık reaktif güç kompanzatoru kaynak tarafındaki anlık reaktif gücü yok eder. p_c daima sıfır olduğu için, kompanzator enerji depolama elemanı olmaksızın sadece anahtarlama elemanlarını içermektedir. (6) nolu denklemden α - β koordinatlarındaki kompanze edilmiş anlık akımlar $i_{c\alpha}$ ve $i_{c\beta}$ aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\begin{bmatrix} i_{c\alpha} \\ i_{c\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{\alpha} & e_{\beta} \\ -e_{\beta} & e_{\alpha} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ -q \end{bmatrix} \quad (12)$$

3. GSVK'ÜN ANLIK GÜÇ TEORİSİ TABANLI DENETİMİ

Şekil 1'de tek hat bir GSVK sistem düzenlemesi görülmektedir. Denetim devresi, harmonik akım hesaplama devresi, DA kondansatör gerilim denetimi ve gerilim kaynaklı evirici akım denetimi devresinden oluşmaktadır. Harmonik akım hesaplama devresi üç alt hesaplama devresine bölünmüştür. p_L ve q_L hesaplama devresinde, üç fazlı gerilimler ve üç fazlı yük akımları aşağıdaki eşitlikler ile d-q ortogonal koordinatlara dönüştürülür [1].

$$\begin{bmatrix} e_d \\ e_q \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (13)$$



Şekil 1. GSVK tek hat sistem düzenlemesi.

$$\begin{bmatrix} i_{Ld} \\ i_{Lq} \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{La} \\ i_{Lb} \\ i_{Lc} \end{bmatrix} \quad (14)$$

p_L anlık gerçek güç ve q_L anlık imajiner güç aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\begin{bmatrix} p_L \\ q_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_d & e_q \\ -e_q & e_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{Ld} \\ i_{Lq} \end{bmatrix} \quad (15)$$

p_L ve q_L değerleri karşılıklı olarak iki anlık gerçek ve imajiner güce ayrılmaktadır.

$$p_L = \bar{p}_L + \tilde{p}_L \quad (16)$$

$$q_L = \bar{q}_L + \tilde{q}_L \quad (17)$$

\bar{p}_L ve \bar{q}_L yük akımının temel bileşenine karşılık gelen DA bileşenleridir. \tilde{p}_L ve \tilde{q}_L ise harmonik akımın AA bileşenine karşılık gelmektedir. Harmonik kompanzasyonu için kullanılan GSVK'de, p^* ve q^* aşağıdaki gibidir.

$$p^* = \tilde{p}_L, \quad q^* = \tilde{q}_L \quad (18)$$

p^* ve q^* için hesaplama devresi aynı veya farklı kesim frekanslı iki adet yüksek geçiren filtreden meydana gelir. Yüksek geçiren filtrenin tasarımı hem geçici rejim hem de kararlı hal durumlarındaki kompanzasyon performansına etkisi fazladır.

i_{ca} , i_{cb} , i_{cc} hesaplama devresinde aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} i_{ca}^* \\ i_{cb}^* \\ i_{cc}^* \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p^* \\ q^* \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} e_d & e_q \\ -e_q & e_d \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p^* \\ q^* \end{bmatrix}$$

Anlık sıfır dizi güç denklem (20)'de, anlık gerçek güç denklem (21)'de, anlık kompleks güç denklem (22)'de verilmektedir. Bu çalışmada, 3 telli üç fazlı bir sistem kullanıldığı için denklem (20) kullanılmamaktadır.

$$p_0 = v_0 \cdot i_0 \quad (20)$$

$$p = e_\alpha i_\alpha + e_\beta i_\beta \quad (21)$$

$$q = e_\alpha i_\beta - e_\beta i_\alpha \quad (22)$$

p-q teorisi, aktif filtrelerin denetiminde kullanılan birçok yöntemden biridir. Bu teori aşağıdaki gibi bazı ilginç özellikler göstermektedir.

- Doğal olarak üç fazlı bir sistem teorisidir.
- Herhangi bir üç fazlı sisteme (hem akım hem gerilimde harmonikli veya harmoniksiz, dengeli veya dengesiz) uygulanabilir.
- Mükemmel bir dinamik cevap sağlayan anlık değerlere dayalıdır.
- Hesaplanması oldukça basittir (standart bir işlemci ile gerçekleştirilebilen yalnız cebrik ifadeler içerir).
- Sabit anlık kaynak gücü ve sinüsoidal kaynak akımı gibi iki farklı denetim stratejisine imkan verir.

α - β koordinatlarındaki referans kompanzasyon akımlarını hesaplamak için, (5) numaralı eşitlik evrilir, ve kompanze edilecek güçler ($\tilde{p} - \bar{p}_0$ ve q) kullanılır.

$$\begin{bmatrix} i_{c\alpha}^* \\ i_{c\beta}^* \end{bmatrix} = \frac{1}{e_\alpha^2 + e_\beta^2} \begin{bmatrix} e_\alpha & -e_\beta \\ e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} - \bar{p}_0 \\ q \end{bmatrix} \quad (23)$$

a-b-c koordinatlarında referans kompanzasyon akımları sağlamak için dönüşümün tersi uygulanır. Böylece aşağıdaki görüldüğü gibi üç fazlı referans akımlar hesaplanarak, bir histerisiz karşılaştırıcıda GSVK gerçek akımları ile karşılaştırılarak kompanzator anahtarlama sinyalleri belirlenir.

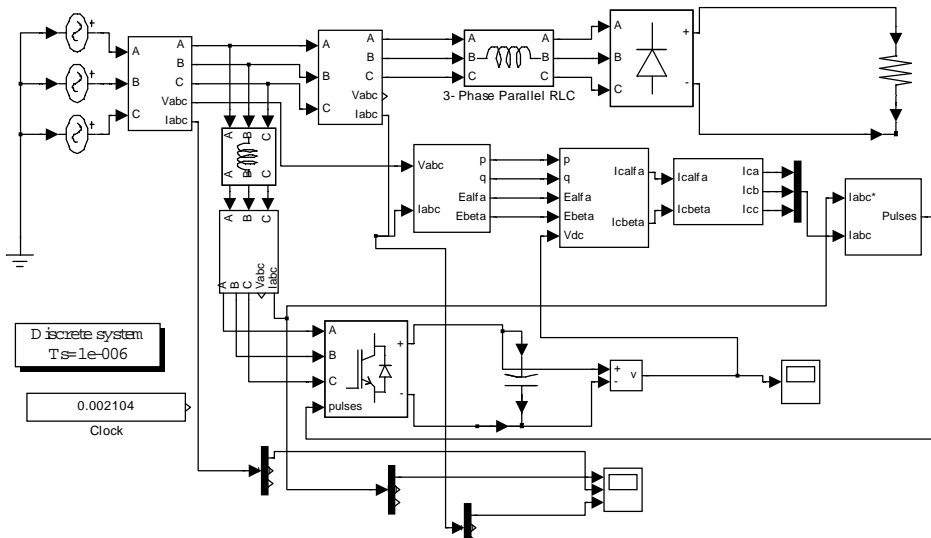
$$\begin{bmatrix} i_{ca}^* \\ i_{cb}^* \\ i_{cc}^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} & 1 & 0 \\ 1/\sqrt{2} & -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{c0}^* \\ i_{c\alpha}^* \\ i_{c\beta}^* \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$i_{cn}^* = -(i_{ca}^* + i_{cb}^* + i_{cc}^*) \quad (25)$$

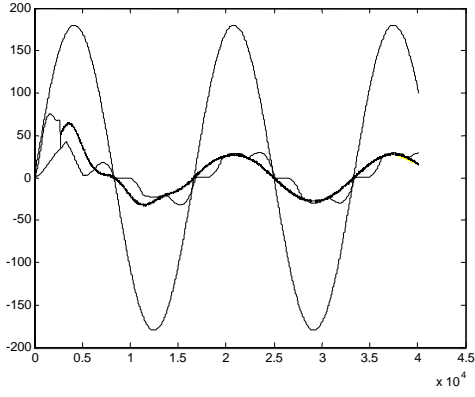
4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Şekil 2'de, GSVK denetim sisteminin Matlab/Simulink modeli verilmektedir. Bu yaklaşım dengeli sinüsoidal gerilime sahip üç fazlı bir sisteme uygulandığında Şekil 3'deki sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Doğrusal olmayan yükün çektiği bozuk yük akımına karşılık şebekeden düzgün bir sinüs akımı çekilmektedir. Doğru akım kondansatör gerilimi değişimi Şekil 4'de verilmektedir.

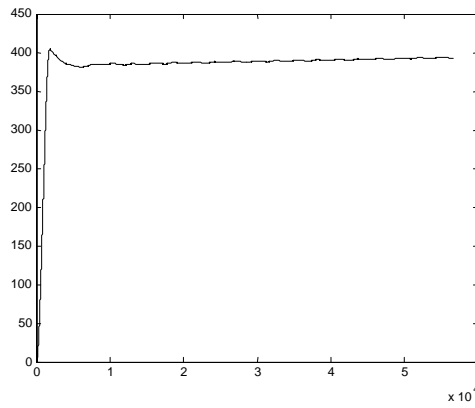
Daha küçük bir kondansatör kullanılarak ($C=5$ mikrofarat) sadece reaktif güç kompanzasyonu yapıldığı durumda (Denklem (19)'daki $p^*=0$) yükten ve sistemden çekilen akım ve devre gerilim değişimi Şekil 5'de görülmektedir. Bu durumda sadece reaktif güç kompanzasyonu yapıldığından şebekeden çekilen akım üzerindeki harmonikler açıkça görülmektedir. Böylece çok küçük bir kondansatör ile reaktif güç kompanze edilebilmektedir. Hem harmonik hem de reaktif güç kompanzasyonu için daha büyük bir kondansatöre gerek duyulmaktadır.



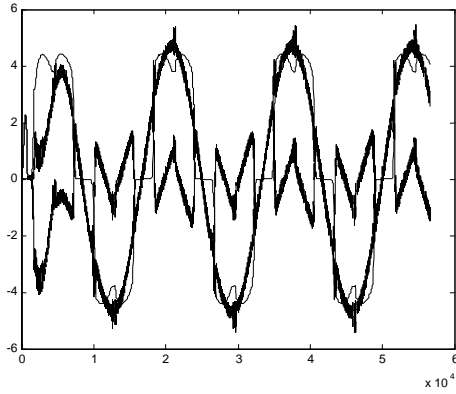
Şekil 2. GSVK sistemin Matlab/Simulink modeli.



Şekil 3. Yük akımı ile kaynak akım ve gerilim değişimi.



Şekil 4. Vdc kondansatör gerilimi değişimi.



Şekil 5. Küçük bir kondansatör ile sadece reaktif güç kompanzasyonu yapıldığında yük akımı ile kaynak akım ve gerilim değişimi ($p=0$).

5. SONUÇLAR

GSVK'ler günümüzde güç kalitesi problemlerine bir çözümdür. GSVK, geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuç vererek, güç katsayısının düzeltilmesini sağlar, bununla birlikte, akım harmonikleri ve dengesizliklerinin kompanzasyonunu da gerçekleştirir (sabit kondansatör ile güç katsayısı düzeltimi, ve akım harmoniklerini kompanze etmek için pasif filtreler).

GSVK'ün p-q teorisi ile birlikte uygulanması, aynı ortamdaki bir çok birbirine yakın problemlili yüke (veya yük grubuna), tek bir güçlü GSVK kullanımını sağlayarak, güç hattı yoluyla dolaşan akım harmoniklerini, reaktif akımları ve nötr akımını önleyerek ucuz bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışmada, GSVK sisteminin Anlık Güç Teorisi tabanlı bir denetim ile performans iyileştirilmesi incelenmektedir. Bu amaçla geliştirilen denetim algoritması ile hem reaktif güç hem de akım harmonik kompanzasyonu gerçekleştirilmiştir. Önerilen denetim algoritmasının kararlı hal ve geçici rejim performansı, şebekeden harmonik ve reaktif güç bileşenleri çekmesi durumu incelenmiştir.

Yeni iletim hatlarının tesis edilmesi daha zor hale geldiğinden, elektrik dağıtım şirketleri kendi varolan güç sistemlerini daha etkin kullanma yollarını aramaktadır. Ayrıca bireysel tüketiciler ve son kullanıcılar da kendi cihazlarındaki akım harmoniklerini belirten sınırlar içinde tutmak zorundadır. GSVK bu konuda anahtar teknoloji olarak görülmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Araştırma Fonu 2001/13 nolu proje kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Akagi, H., Kanazawa, Y., Nabae, A., Instantaneous Reactive Power Compensator Comprising Switching Devices without Energy Storage Components. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, Vol.1A-20, No.3, pp 625-630, 1984.
- [2] Afonso, J., vd., Active Filters with Control Based on the p-q Theory. IEEE Industrial Electronics Society Newsletter, Vol.47, No.3, Page(s): 5-11, 2000.
- [3] Akagi, H., Nabae, A., Atoh, S., Control Strategy of Active Power Filters Using Multiple Voltage-Source PWM Converters. IEEE TRANS. INDUSTRY APPLICATIONS Vol.1A-22, pp. 460-465, 1986.
- [4] Hingorani, N. G. ; Gyugyi L., Understanding FACTS. IEEE Press. New York, 2000.
- [5] Akagi, H., New Trends in Active Filters for Power Conditioning. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, Vol.5, No.3, Page(s): 1312-1322, 1996.
- [6] Schauder, C. ; Mehta H. Vector Analysis And Control Of Advanced Static VAR Compensators. IEE Proceedings-C, Vol.140, No.4. July, 1994.