

BİR SENKRON GENERATÖRÜN İKAZ SİSTEMİ VE GERİLİM REGÜLASYONU

Zeki OMAÇ¹, Ferit TUFAN²

^{1,2}Tunceli Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

¹zomac@tunceli.edu.tr

²tufanferit@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, enerji üretim sistemlerinin önemli bir unsurunu oluşturan Senkron Generatörlerin İkaz Sistemleri ve bu sistemlerin kontrolünün kararlı olarak sağlanabilmesi için gerekli olan koşullar incelenmiştir. Çalışma kapsamında, 97 MVA gücündeki çıkık kutuplu bir senkron generatorun ikaz sisteminin genel yapısı incelenmiş olup, ekipmanların ve sistemin teknik özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Bununla beraber, ikaz sisteminin AVR kontrolü, reaktif güç kontrolü, manuel kontrol gibi kontrol sistem çeşitleri hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak devreye alma aşamasında, yapılmış olan saha testlerinin sonuçları incelenmiş ve bazı önemli sonuçlar grafiksel olarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Statik İkaz Sistemi, Senkron Generatör.

Abstract

In this study, the excitation systems of the synchronous generators which are an important part for power generation system and conditions for stability of these systems have been analyzed. In the content of this study, the general structure of a 97 MVA with salient pole synchronous generators excitation systems and its main component has been analyzed on empirical way with their technical data. Nevertheless, there has been given information about excitation systems AVR control, reactive power control, manual control and other control system types. Finally, the results of site tests are analyzed which tests had done in the commissioning time and some important results of tests are described graphically.

Keywords: Statik Excitation System, Synchronous Generator.

1. Giriş

Enterkonnekte şebekede gerilimin kaliteli hale getirilmesi ile yük dengesinin daha kararlı olması; yani osilasyonların daha az olması sağlanır. Bu durum, şebeke ile senkronize çalışan generatörlerin mekaniksel enerji kaynaklarının kararlı olması ve ikaz sistemlerinin kontrollü olması ile sağlanır. İkaz kontrolünün asıl amacı, normal işletme koşullarında senkron generatörün çıkış gerilimindeki kararlılığın devamını sağlamak ve herhangi bir arıza durumunda gerilimi regüle ederek hata öncesi kararlı hal değerine çabuk ve etkili bir

şekilde gelmesini sağlamaktır. Son yıllarda, güç sistem kararlılığının artırılması üzerine Institute Electrical & Electronics Engineering tarafından önemli çalışmalar yapılmıştır. Senkron generatörlerde ikaz kontrolü, güç sistem kararlılığı ve elektrik gücü kararlılığının sağlanmasında büyük öneme sahiptir. Gerilim regülatörleri yardımıyla, senkron generatörlerin alan akımı ayarlanarak generatör çıkış gerilimi kontrol edilebilir.

2. İkaz Sistemlerinin Genel Yapısı ve Bir Senkron Generatörün Statik İkaz Sistemi

2.1. İkaz Sistemlerine Genel Bakış

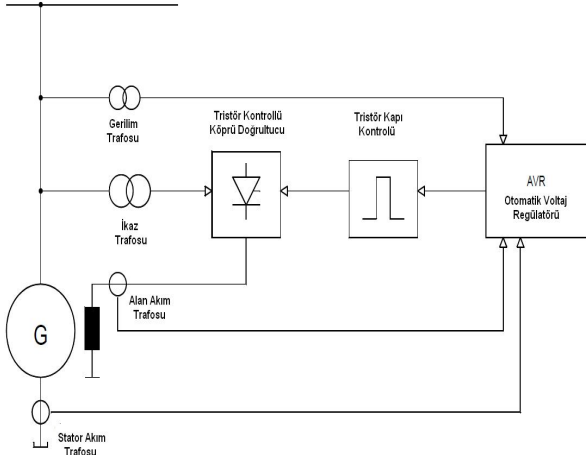
İkaz sistemleri, generatörün rotor sargıları veya alan sargıları için doğru akım üretmek için kurulmuş sistemlerdir. Bununla beraber generatörün gerilimini ve reaktif güç akışını kontrol eder, güç sisteminin kararlılığının yükselmesine yardımcı olur ve önemli koruma fonksiyonları sağlar. Generatör üretim yaptığı süre boyunca, ikaz sistemi uygun alan akımını sağlamak zorundadır[2]. Senkron Generatör'de İkaz Sistemleri Dinamik ve Statik ikaz olarak iki ana başlık altında sınıflandırılabilir.

2.1.1. Dinamik İkaz Sistemi

Dinamik ikazda AC/DC dönüştürücüsünün çıkışında bir döner makina vardır ve generatör, ikaz devresini bu makina üzerinden tamamlar. Dinamik ikaz genelde düşük ikaz akımlarında (1-200A arası) kullanılan bir sistemdir.. Generatörlerde, makina için gerekli ikaz sisteminin gücü, makinanın güç faktörüne, gerilimine ve kısa devre oranına göre değişimler gösterebilir. Generatör dizaynında daha iyi ve daha verimli malzeme kullanılmasına gidildikçe ikaz sisteminin güç ihtiyacı da artar. Yine de bu artış kVA olarak generatör gücünün %0,5'ni aşmaz[2].

2.1.2. Statik İkaz Sistemi

Statik İkaz sistemi 10000A' kadar varan büyük ikaz akımlarının olduğu büyük güçlerde kullanılır. Bu sistem Dinamik ikaz sisteminden daha büyük akımlar için kullanılmaktadır. Statik İkaz Sisteminde generatör çıkış gerilimi, DC ikaz akımının direkt olarak kontrol edilmesiyle sabit tutulur.



Şekil 1: Generatöre şöntlenmiş statik ikaz sisteminin blok diyagramı.

Şekil 1'deki blok diyagram senkron generatörün şöntlenmiş ikaz sisteminin temel yapısını göstermektedir. İkaz sisteminin besleme enerjisi generatör çıkış barasına bağlı 3 fazlı ikaz trafosundan gelmektedir. İkaz trafosunun sekonder sargısından ikaz sisteminin AC barasına akan akım ikaz sistemindeki triyör köprü doğrultucu sayesinde doğrultularak rotor sargılarını beslemektedir[3].

2.2. İkaz Sisteminin Genel Yapısı

2.2.1. Triyör Köprü Doğrultucuları

Şekil 1'de görüldüğü gibi sistemde birbirine paralel iki adet triyör köprüsü mevcuttur. Her triyör köprüsü üç fazlı olup tam kontrollü 6 darbe ateşlemeli tam dalga doğrultucu özelliğine sahip birer SCR köprüsüdür. Burada kullanılan yarıiletkenler, çok hızlı cevap verme özelliğine sahiptirler. Triyör köprüsü, uyarım trafosundan gelen AC gerilimi DC'ye çevirerek ikaz akımını kontrol eder. Burada kullanılan yarıiletkenler 55°C ile 60 °C arası sıcaklıklarda 20 saniye süreyle 2500 A' kadar akımlara dayanacak kapasiteye sahiptirler [1].

2.2.2. İkaz Trafosu

İkaz sisteminin yakınına konulmuş olup etrafı muhafaza ile çevrilmiştir. Trafonun YG primer kısmı generatör çıkışı olan 13,8 kV izole edilmiş faz dağıtım baralarına blok terminalleri ile (IPB) bağlı olup sekonder kısmı ise ikaz sistemine kablolarla bağlanmıştır.

Nominal Rotor Gerilimi ve Nominal Rotor Akımının esas değerleri generatör dizaynının parçasıdır ve generatöre göre hesaplanır [1].

- Trafonun sekonder gerilimi en az şöyle olmalıdır: Nominal Rotor Gerilimi tavan faktörü ile 2 çarpılır ve doğrultma faktörüne 1,35 bölünür.

$$\frac{189,5V \times 2,0}{1,35} = 281V \quad (1)$$

Dizayn: 330 V (Toleranslı olarak dizayn edilmiş)

- Trafonun sekonder akımı en az şöyle olmalıdır:

Nominal rotor akımı (güç faktörü 0,9 ve indüktif ise) doğrultma faktörü (0,82) ile çarpılır.

$$1015,4A \times 0,82 = 833A \quad (2)$$

Dizayn: 1050A (Toleranslı olarak dizayn edilmiş)

- Trafonun nominal gücü:

$$3 \times 330V \times \frac{1050A}{\sqrt{3}} = 600kVA \quad (3)$$

2.2.3. Regülatör ve Dijital İşlem Sıralayıcı

Regülasyon ve kontrol için GMR3 tipi bir dijital Regülatör kullanılmıştır. GMR3 cihazı, otomatik gerilim regülasyon modu ve rotor akım regülasyon modu için bir şebeke kontrol aygıtı ve yazılımın bir parçası olan dijital sıralayıcı içerir.

GMR3 cihazında dijital PI(D) otomatik gerilim regülatörü ile beraber manuel mod durumunda devreye girebilen P(I) rotor akım regülatörü vardır. Otomatik Gerilim regülatörü ve rotor akım regülatörü arasında otomatik izleme mevcuttur. Rotor akım regülatörü ve AVR (otomatik gerilim regülatörü) ortak donanımında yer alır.

Generatör akım ve gerilim için gerçek değer bilgisi, generatör çıkışındaki akım ve gerilim trafolarından her 3 faz için ayrı ayrı ölçülür. İkaz sistemi DC barasındaki gerçek ikaz akım bilgisi Şekil 1'de görünen AC giriş kısmında iki akım trafosu yoluyla ölçülür. Sistem L₁ ve L₃ fazlarındaki akım trafolarından aldığı akım değerleri ile DC akımının hesaplamasını yapar.

2.2.3.1. İlk İkazlama

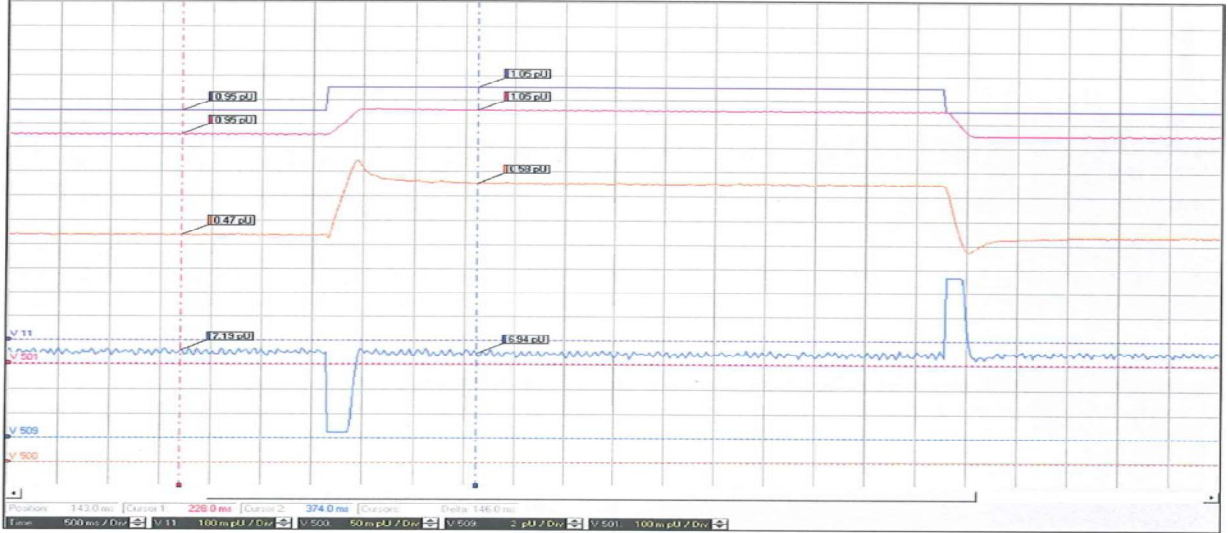
İkaz sistemi, generatör çıkış terminaline bir IPB (Isolated Phase Busduck) ile bağlıdır. Generatör devreye girdikten belli bir süre sonra rotor nominal hıza ulaşır. Rotor 250 d/dk dönerken ikaz sistemi devreye girmeden evvel generatörde bir önceki ikazlı çalışmadan sonra depolanmış remenans geriliminin, IPB üzerinden trafoya yeterli voltaj çıkışını sağlayamaması muhtemeldir. Bu sebepten ötürü alana yeterli DC akımını sağlayıp voltajın pürüzsüz olmasını sağlayacak bir başlangıç akımı kullanılır.

İkaz sisteminin ON komutuyla birlikte alanın kesicisi kapanır ve regülatör, AC voltajının esas değerini kontrol eder. Eğer bu ayarlanabilir bir değer altındaysa (Ünite çıkış voltajının %2'i) ilk ikaz akımı istasyon bataryasından sağlanır. İstasyon bataryası, ilk ikaz kontaktörü kapanıp akım sınırlama direnci ve diyot doğrultucu üzerinden alan devresine yönlendirilir bu sayede devreye akım akması sağlanır.

İkaz sistemi için gerekli AC besleme gerilimi olan generatör çıkış voltajı daha önce belirttiğimiz ayarlanabilir değeri (13,8 kV'un %2'sini) aştığında ilk ikaz kontaktörü açılır. İlk ikaz kontaktörü açıldığı anda AC hattındaki ana doğrultucu triyörler regülatör kontrol sistemi tarafından ilettime geçilerek gerilimin nominal değere kadar yükselmesini sağlar.

2.2.3.2. Otomatik Voltaj Regülasyonu

Bu işletimde stator voltajının regülasyonu voltaj kontrol yoluyla alt birim olarak da rotor akım kontrolü ile desteklenmiş voltaj düzenlemesidir. Bu operasyon modunda generatör voltajı ayarlanabilir bir generatör set değerine göre kendini düzenler. Voltaj düzenleme aralığı: yüksüz nominal voltajın % 95-105'i arasındır.



Şekil 2: AVR testi.

2.2.3.3. Manuel Operasyon

Manuel operasyonda kontrol (rotor akım kontrolü) sadece ikaz lokal moda çevrildiğinde mümkündür. Uzaktan kumanda mümkün değildir. Bu işletim modunda rotor akımı ayarlanabilir bir rotor akım set değerine göre düzenlenir. Bu modda regülatör, stator çıkış voltajının değişimine göre kendini düzenleyemez. Rotor akım ayar aralığı nominal rotor akımının %25-110' urdur.

2.2.3.4. Otomatik-Reaktif Güç Düzenlemesi

Otomatik reaktif güç düzenlemesi modunda alt destek olarak generator voltaj kontrolü ve yardımcı alt destekleme olarak rotor akım kontrolü ile birlikte generator reaktif güç düzenleme işlemi yapılır. Bu işletim modunda regülatör, generator reaktif gücünü ayarlanabilir bir reaktif güç set değerine göre düzenler. Bu operasyon şebeke ile paralel çalışıldığından şebeke voltaj dengelemesinde önemli bir moddur. Reaktif Güç ayar aralığı generator gücünün % -50 den +50' sine kadardır.

3. Ünitenin Devreye Alma Aşamasında Yapılan Testlerde, Statik İkaz Sisteminin Saha Test Sonuçları

Sistemin devreye alınması aşamasında testler, yüksüz ve yüklü olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. Her iki aşamada testler, birbirinden farklı test prosedürlerine göre yapılmıştır. Ancak bu testlerden her bir aşama için bir test örneği sunulmuştur.

3.1. Yüksüz Testler

Yüksüz testler, generator çıkışının şebekeyle irtibatının olmaması yani senkron kesicisinin açık olması durumunda yapılmaktadır. Bu testlerde Senkron generator nominal devirde dönerken, alana uygulanacak gerilimlerde çıkışın herhangi bir yüke bağlı olmaması nedeniyle çıkışta herhangi bir güç oluşmamaktadır. Yüksüz saha testleri aşağıdaki şekilde incelenmiştir:

- Generator Otomatik Voltaj Regülasyon (AVR) testi.
- İkaz sisteminin normal durdurma testi.
- Harici uygulanan hata işareti testi.

- İkaz sisteminin normal başlatma testi (manuel çalışmada).
- Akı (U/f) sınırlayıcı testi.

3.1.1. Generator Otomatik Voltaj Regülasyon (AVR) Testi

Ayar değerleri V11:0,95 > 1,05 > 0,95 p.u.

V500 : İkaz akımının gerçek değeri,

V501 : Generator gerçek voltaj değeri,

V509 : Tristör tetikleme açısının gerçek değeri,

V11 : Ug (generator voltajı) ayar değeri.

Otomatik voltaj regülasyonunda, Şekil 2' de (V11) olarak görünen eğri, generator voltajı ayar değeridir. Ayar değerleri 0,95 > 1,05 > 0,95 birim arasında değiştirilmektedir. Ayar değerinin değişimi esnasında sistem otomatik olarak o değere cevap vermektedir. (V11) değerinin değişimi anında devreye giren tristör doğrultucu tetikleme açısını yani (V509)'u çıkış değerine göre artırıp azaltarak generator çıkış gerilimini yani (V501)'i ayar değerine ulaştırmaya çalışmaktadır. Ayar değerinin tekrar eski haline yani 0,95 birime getirilmesi ile eğrilerin tekrar hızlı bir şekilde eski haline geçtiğini Şekil 2' de görülmektedir.

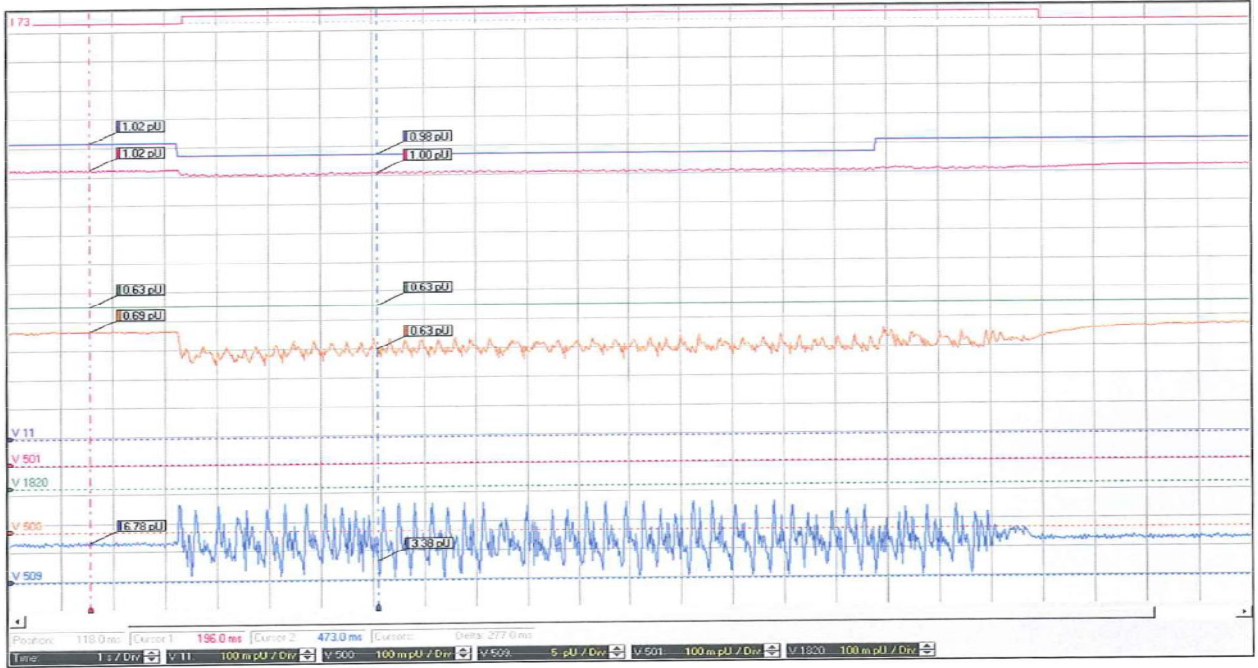
3.2. Yüklü Testler

Yüklü testlerde, generator çıkışının sonsuz şebekeyle senkronize olup şebekeye paralel bağlanması durumunda yapılan testlerdir. Diğer bir manası ile gerçek uygulamalı testlerdir.

Bu test aşamalarında memba su yüksekliği optimum seviyelerin altında olduğundan istenilen nominal değerler uygulanamamış bunun yerine max değerlerin belli yüzdeleri alınarak testler yapılmıştır.

Yüklü saha testleri aşağıdaki şekilde incelenmiştir,

- Ayar Değeri V1821 = 0,63 birime indirgenmiş gecikmesiz maksimum alan akım sınırlayıcı testi,
- Ayar Değeri V1842 = 0,63 birime indirgenmiş gecikmeli maksimum alan akım sınırlayıcı testi,
- Ayar Değeri V1820 = 0,63 birime indirgenmiş gecikmesiz minimum alan akım sınırlayıcı testi,



Şekil 3: Gecikmesiz minimum alan akım sınırlama testi.

- Yük açısı sınırlayıcı testi,
- Ayar Değeri V1841 = 0,66 birime indirgenmiş 0,2 saniye gecikmeli maksimum stator akım sınırlayıcı testi,
- 66,93 MW aktif yükte ve 23,28 MVAR reaktif yükte yük atma testi.

3.2.1. Gecikmesiz Minimum Alan Akımı Sınırlama Testi

V11 : Ug (generatör çıkış voltajı) ayar değeri,
 V500 : İkaz akımının gerçek değeri,
 V501 : Generatör gerçek voltaj değeri,
 V509 : Tristör tetikleme açısının gerçek değeri,
 V1820 : Sınırlayıcı ayar değeri,
 I73 : Minimum alan akım sınırlayıcı aktif.

Bu test aşamasında akım sınırlayıcı ayar değeri V1820 = 0,63 birime indirgenmiştir.

Bu test esnasında Şekil 3'te görünen generatör çıkış voltajı ayar değeri (V11) düşürülerek çıkış voltajının düşürülmesi sağlanmaktadır. Düşürülen voltaj değeri, minimum alan akımı sınırlayıcısının (V1820) ayar değerine ulaştığı anda, alan akım sınırlayıcı (I73) devreye girerek generatör çıkış voltajının ayarlanmış minimum alan akımı için ayarlanmış (V1820) ayar değerinin altına düşmemesi sağlanmaktadır.

Şekil 3'te generatör çıkış voltajının ayar değeri (V11), minimum alan akımı sınırlayıcısının (V1820) ayar değerlerinin üzerinde bir değere yükseltildiğinde alan akım sınırlayıcı (I73)'nın generatör çıkış voltajının kararlı olması ile, gecikmeli bir şekilde devre dışı olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan bu testler sonucunda generatörün bağlı olduğu, enterkonnekte şebeke bileşenlerinin, kararlı çalışma aralıklarının dışına çıktığı anda, generatörün statik ikaz

sistemindeki limitlemeler sayesinde, hızlı bir tepki süresinde, şebekeyi tekrar kararlı hale getirdiği gözlemlenmiştir.

Çalışmada yapılan test ve uygulamalar sonucunda, incelenen statik ikaz sisteminden şebeke sistemleri üzerinde, kararlı sonuçlar alındığı görülmüştür.

Uygulamalı olarak gerçekleştirilen bu çalışma sırasında, gerek sistemi tanımda ve gerekse sisteme elle müdahalede, yazılımsal ve donanımsal açıdan önemli veriler elde edilmiştir. Deneysel uygulamalardaki saha testlerinden alınan bu sonuçlar değerlendirilerek ileriki aşamalarda kullanılmak üzere yardımcı kaynak haline getirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Hydro, A., "Installation, Operation & Maintenance Manuel – Excitation System Of Alkumru", Project num. : H110.080084, Document num. : ALK08-GEN-9318, 2010.
- [2] Margetta, R.D., "Static exciter system for large turbo-generators", South of Scotland Electricity Board, UK, 1986.
- [3] ARDA, S., "Senkron Generatörlerin Uyarım Sistemlerinin Yarı İletkenli Devrelerle Denetimi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2006.
- [4] IEEE Report, "Specification and characteristics of synchronous generator Exciters", IEEE Technical Report No:536121, 1995.
- [5] IEEE, "Coordination of Generator Protection With Generator Excitation Control And Generator Capability", Power engineering Society General Meeting, Paper No. 1-4244-1298-6/07, 2007.