

YERLEŞİM BÖLGELERİ İÇİN EVİRİCİ ARAYÜZLÜ HİBRİD YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇEREN BİR MİKRO AĞ FELSEFESİ

Bülent DAĞ
TÜBİTAK UZAY Güç Sistemleri Bölümü Ankara/Türkiye
bulent.dag@uzay.tubitak.gov.tr

M. Timur AYDEMİR
Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Ankara/Türkiye
aydemirmt@gazi.edu.tr

Abdullah NADAR
TÜBİTAK UZAY Güç Sistemleri Bölümü Ankara/Türkiye
abdullah.nadar@uzay.tubitak.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada alçak gerilim yerleşim alanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanımına olanak sağlayan bir mikro ağ yapısı ve dağıtım otomasyon mimarisi önerilmiştir. Önerilen felsefe yenilenebilir kaynakların mevcut dağıtım şebekelerine asgari maliyetle entegrasyonunu sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmadaki amaç yenilenebilir kaynakların yaygın kullanımıyla birlikte ortaya çıkan durumda dağıtım şebekelerine standart bir uygulama prensibi sağlamaktır. Mimari hem ada modunda hem de şebeke modunda çalışmaya uygun olup, yenilenebilir kaynakların DC barasında pil gibi enerji depolama birimlerinin kullanımını gerektirmediği için maliyet açısından avantajlı olacaktır. Önerilen çalışmanın Suudi Arabistan pilot bölgesinde hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

I. GİRİŞ

Dünya üzerinde geleneksel elektrik enerjisi üretimi büyük merkezi santrallerde, ülkemizde ağırlıklı olarak fosil tabanlı kaynaklar olmak üzere, üretilen enerjinin yüksek gerilim iletim hatlarıyla uzun mesafelerde taşındıktan sonra dağıtım hatlarıyla son kullanıcıya iletilmesi prensibine dayanır. Ancak bu tarz merkezi sistemlerle beraber ortaya çıkan çevre kirliliği ve ekolojik bozulmalar, yüksek iletim kayıplarından dolayı düşük verimlilik, yüksek yenilenme maliyetleri, düşük güç kalitesi ve yüksek maliyetli çözümleri (STATCOM, SVC, vb.) gibi problemler yüzünden son zamanlarda elektrik enerjisi alanındaki ilgi düşük güçlü enerji kaynaklarının dağıtım seviyesinde sisteme entegre edildiği dağıtık üretime yönelmiştir. Yenilenebilir kaynakların da kullanılmasına olanak sağlayan dağıtık üretim böylelikle çevre dostu olmakla birlikte düşük iletim kayıpları ve yüksek

şebeke verimliliği, evirici arayüzü sayesinde yüksek kalitede enerji ve küçük çaplı dağıtık üretimle birlikte artan güvenilirlik gibi sebeplerden dolayı daha da cazip hale gelmektedir.

Diğer yandan, dağıtık üretimin yaygınlaşmasıyla beraber yeni şebeke yapıları, yeni kavramlar, tartışmalar ve çözülmesi gereken çeşitli sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birisi, genel olarak güç kalitesini ve güvenilirliğini artırmak ve bununla beraber maliyet ve verimlilik optimizasyonu sağlamak amacıyla dağıtık üretimle beraber bilgi teknolojilerinin de sisteme entegrasyon uyla iki yönlü veri akışının da var olduğu akıllı ağ (smart grid) kavramıdır. Smart grid bu kapsamda en genel kavram olup genel olarak gelişen teknolojiyle beraber bilgi teknolojilerinin de kullanımıyla elektrik şebekesinin her yönüyle (maliyet, verimlilik, süreklilik, kalite, vb.) en iyi seviyede işletilmesini amaçlamaktadır. Bu

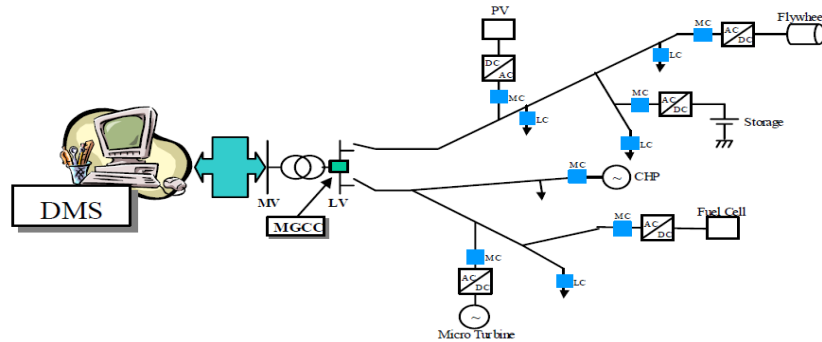
amaçlardan birisi olan süreklilik kapsamında ortaya çıkan diğer bir kavram da mikro ağlardır. Mikro ağ kısaca, dağıtık kaynaklar içeren dağıtım şebekesinin bir bölümünün şebekeden ayrı ada modunda çalışabilme özelliğine sahip olduğu bir yapı olup geleneksel yapının genellikle alçak gerilim dağıtım trafo merkezi ve sonrasını içeren bölümü için uygulanmaktadır. Bir mikro ağ sistemi ayrıca şebekeye bağlıken tek bir kontrol ünitesi gibi görünüp dağıtık üreteçlerden oluşan karmaşık şebeke yapısı içerisinde bir kontrol hiyerarşisi ve kolaylığı sağlar. Dağıtık üretimin en önemli özelliklerinden birisi de kaynakların sisteme genelde evirici arayüzüyle bağlanmasıdır. Bu sebeple eviricilerin, üretilen gücün kalitesi ve sürekliliği açısından kontrolleri dağıtık üretimin diğer önemli konuları arasında belirmektedir.

Bu çalışmada ilk önce kısaca mikro ağlardan bahsedildikten sonra ikinci bölümde dağıtık üretimde kullanılan üreteçlerin genel sistem yapısından ve kontrolünden bahsedilecektir. Daha sonra bu dağıtık üreteçlerden oluşan bir mikro ağ mimarisi önerilecek ve mikro ağın şebekenin değişik modlarındaki çalışma prensiplerinden bahsedilecektir. Buradaki amaç dağıtık üretimin yaygınlaşmasıyla beraber ortaya çıkan yeni durumda standart bir mimari ve kontrol felsefesi geliştirmektir.

II. MİKRO AĞ

Mikro ağın en genel tanımı Avrupa Birliği üyelerinin oluşturduğu bir konsorsiyum ve gerçekleştirdiği mikro ağ projeleri kapsamında belirtilmiştir [1]. Buna göre mikro ağ, elektrik şebekelerinin alçak gerilim seviyesinde gerçekleştirilen, yenilenebilir kaynakları da içeren dağıtık enerji kaynaklarından, enerji depolama birimlerinden ve kontrol edilebilir yüklerden oluşan ve en önemli özelliği ise şebekeden bağımsız ada modunda çalışma özelliğine sahip olan özel bir parçasıdır. Şekil 1 de tipik bir mikro ağ yapısı görülmektedir [2]. Rüzgar türbinleri, fotovoltaik sistemler, yakıt hücreleri, mikro türbinler, dizel jeneratörler mikro ağları oluşturan tipik dağıtık enerji kaynaklarına örnektir. Enerji depolama birimleri olarak ise yaygın olarak flywheel ve enerji pilleri olmak üzere süper kapasitörler ve süper iletken endüktanslar alternatif yeni teknolojiler olarak belirmektedir.

Mikro ağların kontrol sistemleri Şekil 1 de görüldüğü gibi bir merkezi kontrolcü (MGCC) ve lokal kontrolcülerden (MC: mikro kaynak kontrolcüsü, LC: yük kontrolcüsü) oluşmaktadır. Mikro ağlar genel olarak en temel seviyede lokal kontrolcülerle sistemi idame ettirecek şekilde tasarlanırken merkezi kontrolcünün görevi sistem optimizasyonudur.



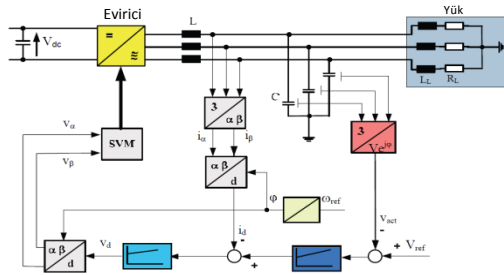
Şekil 1 Tipik bir mikro ağ yapısı

III. DAĞITIK ÜRETEÇ YAPISI VE KONTROL TEKNİKLERİ

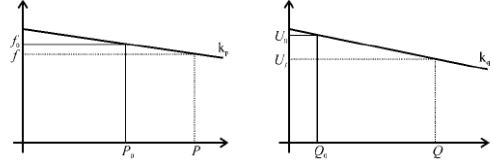
Dağıtık üretimde kullanılan evirici yapıları ve evirici kontrol teknikleri literatürde detaylı bir şekilde işlenmiştir [3-5]. Buna göre dağıtık üretimde kullanılan eviricilerin genel olarak şebekenin durumu ve eviricinin bağlı olduğu kaynak tipine göre değişebilen üç çeşit kontrol algoritması bulunmaktadır. Dağıtık üreteçlerde kullanılan eviricilerin kontrolünde kullanılan bu genel çalışma modlarına aşağıda kısaca değinilmiştir;

Ağ Referans (Grid forming) Modu

Bu modda çalışan evirici sabit gerilim ve frekans referanslarıyla kontrol edilir ve görevi sistemdeki diğer eviricilere (slaves) gerilim ve frekans referansları sağlamaktır. Şekil 2 de örnek bir ağ referans modu kontrol blok şeması görülmektedir [5]. Ancak, tek referans eviricili sistemlerde yedeksizlikten ve haberleşme gereksiniminden dolayı güvenilirlik düşüktür ve bu yüzden çoklu referanslı (multi master) sistemler önerilmiştir [6]. Çoklu referanslı sistemlere yerel kontrol özelliği sağlamak için geleneksel merkezi santrallerde kullanılan ve eşitlik (1) ve (2) de verilen frekans ve gerilim düşüm kontrol metodu çoklu referans modunda çalışan paralel eviricilere de uygulanmaktadır [7-14]. Şekil 3 de geleneksel düşüm eğrileri, Şekil 4 [8] de ise tipik bir düşüm tekniği kontrol blok şeması görülmektedir.



Şekil 2 Ağ referans modu kontrol blok şeması

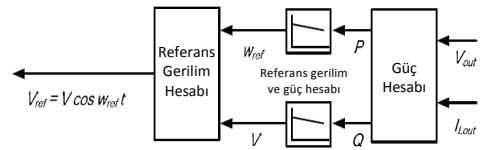


Şekil 3 Frekans ve gerilim düşüm eğrileri

$$f - f_0 = -k_p(P - P_0) \quad (1)$$

$$U - U_0 = -k_q(Q - Q_0) \quad (2)$$

Burada f frekansı, U ise gerilmi, f_0 ve U_0 anma değerleri ifade etmektedir.



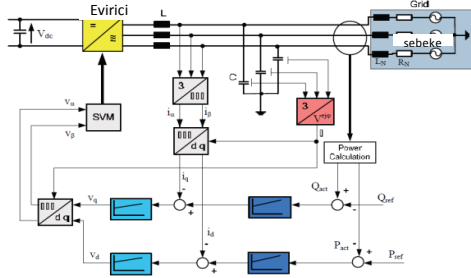
Şekil 4 Düşüm kontrol tekniği blok şeması

Ağ Destek Modu

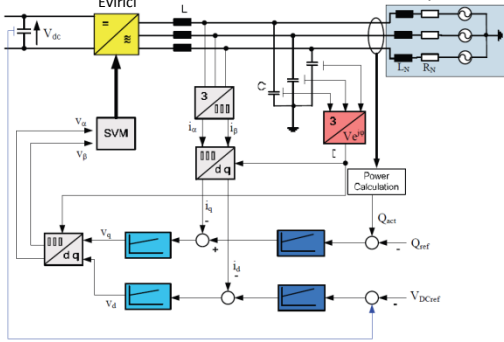
Ağ destek modunda çalışan bir evirici P-Q referanslarıyla denetlenir ve sistemde güç dengeleme görevindedir. Aktif (P) ve reaktif (Q) güç referansları ağ yöneticisi tarafından merkezi bir algoritma sonucuna göre ilgili eviricilere iletilir. Ağ şebeke modundayken ağdaki yenilenebilir kaynaklara bağlı olmayan eviricilerin tümü genelde bu modda kontrol edilirler (bkz. Şekil 5 [5]).

Ağ Paralel Modu

Yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı eviriciler genelde bu modda kontrol edilirler. Bu modda evirici mevcut aktif gücün tamamını şebekeye aktaracak şekilde kontrol edilirken reaktif güç sıfıra set edilir veya merkezi kontrolcü tarafından belirlenir (bkz. Şekil 6 [5]).



Şekil 5 Ağ destek modu kontrol blok şeması



Şekil 6 Ağ paralel modu kontrol blok şeması

IV. ÖNERİLEN MİKRO AĞ MİMARİSİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Literatürde mikro ağlardan II. Bölümde belirtilen tanım kapsamında sıkça bahsedilmekle beraber henüz standart bir mikro ağ mimarisi olmadığı gözlenmiştir. Bu eksiklik ve genel bir dağıtım şebekesi ihtiyaçları göz önünde bulundurularak Şekil 7 deki mikro ağ yapısı yazarlar tarafından önerilmektedir. Önerilen yapı geliştirilirken mevcut geleneksel yapıya uygunluk göz önünde bulundurulmuş olup, sistemin en düşük maliyetle ve düzenlemeyle kurulabilmeye olanak sağlaması hedeflenmiştir.

Elektriksel Mimari

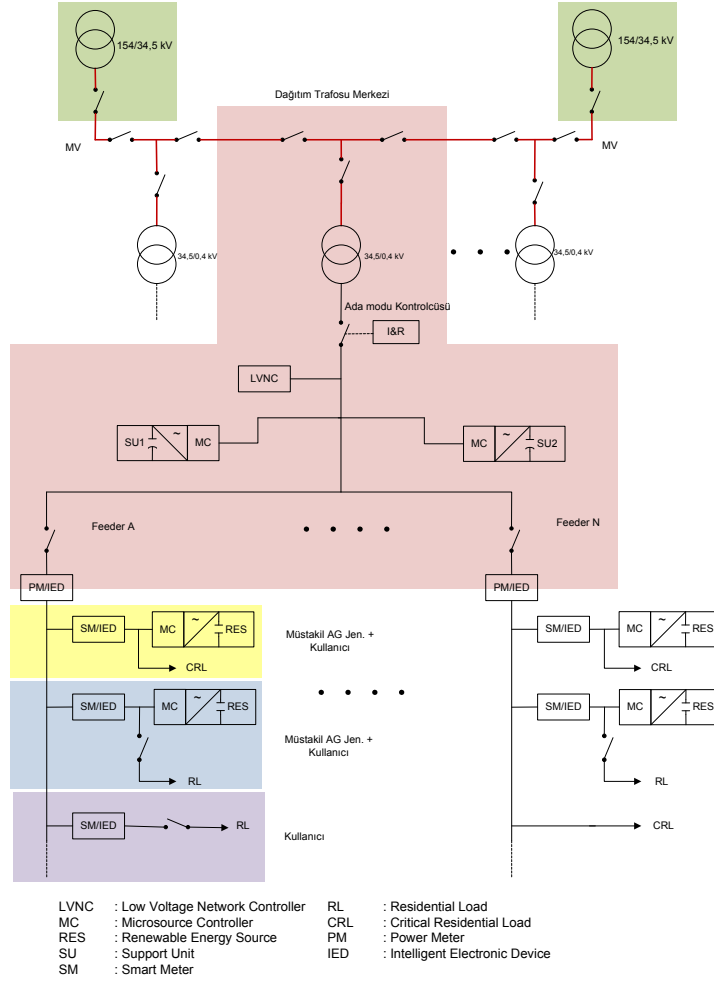
Şekil 7 deki mikro ağ elektriksel yapısı incelendiğinde, dağıtım trafo merkezine yakın bir konumda yerleştirilmiş iki adet destek ünitesi görülmektedir (SU1, SU2). Destek ünitelerinin sayısı güvenilirlik kapsamında yedeklilik ihtiyacı da göz önünde bulundurularak en az iki adet olmalı ve enerji sürekliliği

açısından da yenilenebilir türden kaynaklardan olmamalıdır (bu bakımdan doğal gaz mikrotürbinleri veya dizel jeneratörler uygun görünmektedir). Destek ünitelerinin amacı mikro ağa ada modundayken gerilim-frekans referansları sağlamaktır (bu sebepten dolayı yenilenebilir harici kesintisiz özellikle kaynaklardan olmaları gerekmektedir). Modelde ayrıca yerleşim alanı fiderleri boyunca kullanıcılara adanmış yenilenebilir kaynaklardan oluşan dağıtık üreteçler görünmektedir (RES). Gerek destek üniteleri gerekse yenilenebilir kaynaklardan oluşan üniteler DC baralı ve evirici arayüzlü standart yapıda olup, destek ünitelerinin DC barası bir kapasitör bankı veya pil gibi enerji depolama biriminden oluşabilir (yenilenebilir kaynaklardan enerji depolanması istenirse pilli bir DC barayla birlikte iki yönlü bir evirici kullanılmalıdır). Ancak bazı çalışmalar göstermiştir ki dağıtık üreteçlerden oluşan ağlarda geleneksel sistemlerde bulunan atalet tabanlı enerji depolama mekanizması bulunmadığından dolayı sistemin geçici durum iyileştirmesi için sistemde enerji depolama birimleri bulundurulması gerekebilmektedir [15]. Ancak yenilenebilir kaynaklarda pil kullanımı maliyeti çok artıracığından, depolama sadece destek ünitelerinde veya onların civarına yerleştirilecek özel birimlerde önerilmektedir.

Kontrol ve Otomasyon Mimarisi

Önerilen yapının kontrol mimarisi içerisinde dağıtım trafo merkezine yerleştirilmiş bir adet mikro ağ merkezi kontrolcü (LVNC) bulunmaktadır (bkz. Şekil 7). Merkezi kontrolcünün ana görevi sistem optimizasyonu olup olası işlevlerinden bazıları aşağıda listelenmiştir [16];

- Hata yönetimi
- Gerilim Kontrolü
- Ada durumu tespiti
- v.b.



Şekil 7 Önerilen Standartlaştırılmış Hibrid Mikro Ağ Yapısı

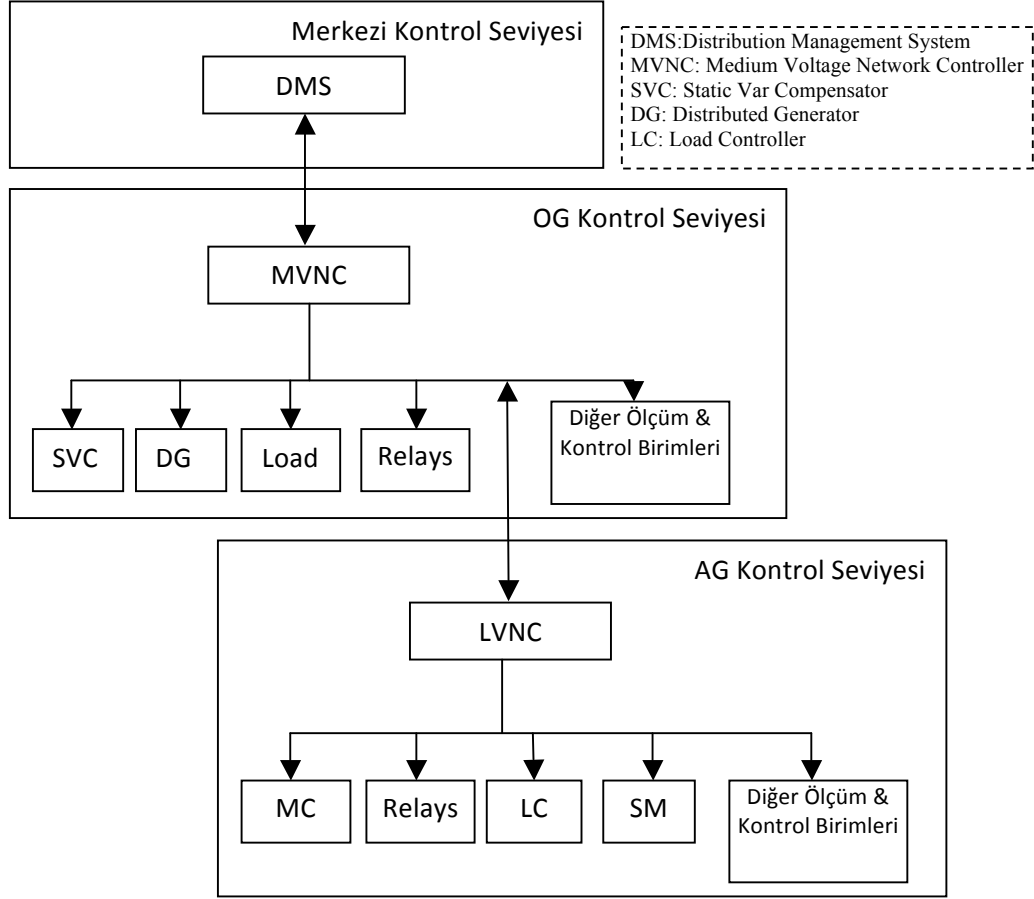
Mikro ağların düşük gerilim seviyesinde şebekeye entegrasyonu ile beraber, sadece orta gerilimi seviyesini kapsayan mevcut geleneksel dağıtım otomasyon mimarisine, alçak gerilim seviyesini de dikkate alan yeni bir kontrol seviyesi de eklemek gerekmektedir. Bu kapsamda önerilen akıllı dağıtım otomasyon mimarisi Şekil 8 de görülmektedir. Dağıtım üreteçlerin kontrolünden sorumlu olan lokal kontrolcüler (MC),

akıllı sayaçlar, ada modu kontrolcüsü, yük atma ve koruma anahtarları kontrol ve otomasyon sisteminin diğer elemanlarıdır.

Önerilen mikro ağ yapısının iki ana çalışma modu bulunmaktadır; şebeke modu ve ada modu. Şebeke modunda mikro ağ ana şebekeye bağlı olup destek üniteleri merkezi kontrolcü tarafından belirlenen P,Q referanslarıyla ağ destek

modunda çalışırlar. Ada modunda ise mikro ağ şebekeden ayrı çalışmakta olup destek üniteleri referans sağlama görevindedirler. Bu mod kapsamında destek ünitelerinin çoklu paralel çalışma durumlarından dolayı destek ünitelerine düşüm kontrol tekniği uygulanmalıdır.

Yenilenebilir üniteler ise her iki mod altında da, gerilim regülasyonu gibi herhangi bir operasyonel kısıt olmaması durumunda, ağ paralel modunda mevcut yenilenebilir enerjinin tümünü şebekeye aktaracak şekilde çalışırlar.



Şekil 8 Önerilen akıllı dağıtım otomasyon mimarisi

V. SONUÇ

Bu çalışmada dağıtık üretimde standartlaşmayı ve yenilenebilir kaynakların yerleşim bölgelerinde kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla bir mikro ağ mimarisi ve çalışma prensibi önerilmiştir. Mimari, dağıtık üreteçlerin geleneksel dağıtım şebekelerine en düşük maliyetle ve asgari düzeyde yeniden yapılanmayla

entegrasyonunu sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Yenilenebilir enerjiyi depolamak amacıyla kullanılan ve maliyeti yüksek olan pil gibi depolama ünitelerinin yenilenebilir kaynaklara entegre edilmemesi ve özellikle de Çin gibi ülkelerin sektöre girmesiyle oldukça düşen fotovoltaik panel maliyetleri gibi sebeplerden dolayı sistemin düşük maliyetlerle kurulabileceği ve bedava olan

yenilenebilir kaynaklardan ötürü de maliyetini kısa zamanda çıkarabileceği öngörülmektedir.

Bununla beraber, geleneksel dağıtım otomasyon mimarisine, düşük gerilim seviyesinde dağıtık üretimi de dikkate alan yeni bir kontrol seviyesi eklenmiş olup her iki uygulamanın da TUBİTAK UZAY ve KACST (King Abdulaziz City of Science and Technology) ortaklığında yürütülen bir Smart Grid projesi kapsamında Suudi Arabistan pilot bölgesinde hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.microgrids.eu/index.php>
- [2] <http://www.microgrids.eu/micro2000/presentations/19.pdf>
- [3] A. Engler, "Control of Parallel Operating Battery Inverters", web: http://www.iset.uni-kassel.de/abt/FB-A/publication/2000/2000aix-en-provence_engler_pv-hybrid.pdf
- [4] Alfred Engler, Oleg Osika, Mikes Barnes, Nick Jenkins, A. Arulampalam, "Large Scale Integration of Micro-Generation to Low Voltage Grids", Microgrids Project DB1:Local Microsource Controller Strategies and Algorithms, February 2004.
- [5] A. Mohd, E. Ortjohann, W. Sinsukthavorn, M. Lingemann, N. Hamsic, D. Morton, "Supervisory Control and Energy Management of an Inverter-based Modular Smart Grid", Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE'09. IEEE PES. 15-18 March 2009, pages 1-6, Seattle WA.
- [6] J.A. Peças Lopes, C.L. Moreira, A.G. Madureira, "Defining Control Strategies for Microgrids Islanded Operation", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 2, May 2006.
- [7] Chandorkar, M.C. , Divan, D.M. , Adapa, R. , "Control of Parallel Connected Inverters in Standalone AC Supply Systems", IEEE Transactions on Industry Application, Jan/Feb. 1993.
- [8] Hua C-C, Liao K-A, Lin J-R, "Parallel Operation of Inverters for Distributed Photovoltaic Power Supply System", Power Electronics Specialists Conference 2002 IEEE 33rd annual, pgs 1979-1983, Cairns, Old. , Australia.
- [9] Hauck Matthias, Helmut Spath, "Control of a Three Phase Inverter Feeding an Unbalanced Load and Operating in Parallel with other Power Sources" EPE-PEMC 2002, Dubrovnik & Cavtat.
- [10] F. Katiraei, M. R. Iravani, "Power Management Strategies for a Microgrid with Multiple Distributed Generation Units " IEEE Transactions on Power System, Vol. 21, No. 4, November 2006.
- [11] A. Arulampalam, M. Barnes, A. Engler, A. Goodwin, N. Jenkins, "Control of Power Electronic Interfaces in Distributed Generation Microgrids" INT. J. Electronics, Vol. 91, No. 9, September 2004, pgs. 503-523.
- [12] Dr.-Ing. Alfred Engler, "Applicability of Droops in Low Voltage Grids" DER Journal No. 1, January 2005.
- [13] Josep M. Guerrero, Jose Matas, Luis Garcia de Vicuna, Miguel Castilla, and Jaume Miret, "Decentralized Control for Parallel Operation of Distributed Generation Inverters Using Resistive Output Impedance", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 54, No. 2, April 2007.
- [14] A. Madureira, C. Moreira, J. Peças Lopes, "Secondary Load-Frequency Control for Microgrids in Islanded Operation", <http://www.icrepq.com/full-paper-icrep/335-madureira.pdf>.
- [15] Ph. Degobert, S. Kreuawan, X. Guillard, "Micro-grid Powered by Photovoltaic and Micro turbine", International Conference on Renewable Energy and Power Quality, Palma de Mallorca, 5-7 April 2006.
- [16] S. Chowdhury, S.P. Chowdhury, P. Crossley, "Microgrids and Active Distribution Networks", Published by The Institution of Engineering and Technology, 2009, London UK.