



Makale / Research Paper

Dağıtım Şebekelerinde Güneş Panelleri ve Enerji Depolama Sistemi Uygulaması

Serkan BAHÇECİ, Ferhat DALDABAN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039,
KAYSERİ/TÜRKİYE, sbahceci@erciyes.edu.tr, daldaban@erciyes.edu.tr

Received/Geliş: 03.04.2017

Revised/Düzeltilme: 20.04.2017

Accepted/Kabul: 29.05.2017

Özet: Klasik dağıtım şebekeleri her geçen gün yerlerini akıllı şebekelere bırakma yolunda ilerlemektedirler. Akıllı şebekelerin dağıtık üretim sistemlerine ve iki yönlü enerji iletimine uygun yapıda olması sebebi ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını da her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) ile ilgili en önemli problemlerden biri ise dağıtım şebekelerine entegrasyonudur. Güneş panelleri, rüzgâr türbinleri gibi YEK sürekli enerji üretmedikleri için bu kaynakların yanında enerji depolama sistemlerinin kullanılması enerji verimliliği ve düşük maliyetli enerji kullanımı açısından da önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada 30 baral dağıtım şebekesi üzerinde rastgele seçilen 3 baraya güneş paneli (PV) ve enerji depolama sistemi (EDS) bağlanmış ve dağıtım şebekesine etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Panelleri, Enerji Depolama Sistemleri, Dağıtım Şebekeleri, Akıllı Şebekeler

Photovoltaic Array and Energy Storage System Application on Distribution Network

Abstract: Classical distribution networks leave their places to smart networks every passing day. The use of renewable energy sources are also increasing day by day, as intelligent networks are suitable for distributed production systems and bi-directional energy transmission. One of the most important problems related to renewable energy sources is the integration into distribution networks. Renewable energy sources as solar panels and wind turbines can not generate energy continuously, the use of energy storage systems with these energy sources are also important in terms of energy efficiency and low cost energy usage. In this study, photovoltaic arrays (PV) and energy storage systems (ESSs) were connected to the randomly selected 3 buses on the 30 bus distribution network and the effect of the PV and ESS were investigated on distribution network.

Keywords: Photovoltaic Arrays, Energy Storage Systems, Distribution Networks, Smart Grid

1. Giriş

Gelişen teknoloji ve artan enerji ihtiyacı klasik dağıtım şebekelerinin de yenilenmesini zorunlu hale getirmiştir. Yerleşim alanları genişledikçe mevcut altyapı kullanılarak büyütülen dağıtım şebekeleri, bu şebekelerde kullanılan eskimiş ve yıpranmış malzemeler, eski teknolojiler ile oluşturulmuş şebeke planları günümüz ihtiyacına cevap vermemekle birlikte birçok arızaya, enerji ve zaman kaybına sebep olmaktadır [1-3].

Bu makaleye atıf yapmak için

Bahçeci S., Daldaban F., "Dağıtım Şebekelerinde Güneş Panelleri ve Enerji Depolama Sistemi Uygulaması" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2017, 4(3); 308-313.

How to cite this article

Bahçeci S., Daldaban F., "Photovoltaic Array and Energy Storage System Application on Distribution Network" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2017, 4(3); 308-313.

Gün geçtikçe yeni dağıtık üretim sistemlerinin dağıtım şebekelerine entegrasyonu zorunlu hale gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda son yıllarda yapılan çalışmalarda klasik dağıtım şebekelerinden akıllı şebekelere doğru bir geçiş görülmektedir. Mevcut elektrik şebekeleri güç kalitesi yüksek, arızalar otomatik algılanan, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı yüksek olacak bir şekilde geliştirilmelidir. Bunun yanı sıra tek yönde enerji iletimi yapılan klasik dağıtım sistemlerinin yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile çift yönlü enerji iletimine izin veren akıllı şebekelere ihtiyaç vardır. Akıllı şebekeler sayesinde elektrik dağıtım şirketleri kullanıcı ihtiyaçlarını önceden tahmin ederek sürdürülebilir ve güvenli enerji tedarik edebileceklerdir. Ayrıca farklı zaman dilimlerinde farklı fiyat uygulamaları ile tüketici için daha ucuz enerji sağlanacaktır. Akıllı şebekeler, güç kalitesi, enerji iletim maliyeti, güvenilirlik, verimlilik ve YEK entegrasyonu gibi konulardaki avantajlı yapılarından dolayı son zamanların en popüler konularından biri olmuştur [4-6].

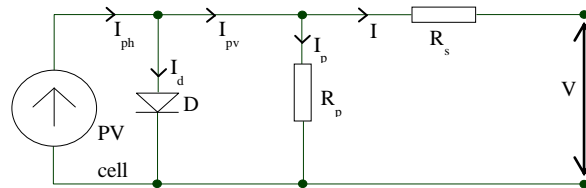
YEK, klasik üretim sistemlerine oranla yerleşim alanlarına daha yakın yerlere kurulabilmektedirler. Bu da akıllı şebekelerin amaçları açısından bakıldığında önem arz etmektedir. YEK içerisinde önemli bir yere sahip olan güneş panelleri ülkemizde ve dünyada hızla yayılmaktadır. Ortam sıcaklığı ve güneş ışınım miktarının değişimine bağlı olarak DC gerilim üreten güneş panellerinin modellenmesi birçok çalışmaya da konu olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ile birlikte daha ucuz enerji üretiminin yanı sıra iletim maliyetlerinin ve hat kayıplarının azaltılması ve enerji kalitesinin yükseltilmesi gibi faydalara da ulaşılmış olacaktır [7-10].

YEK ile birlikte kullanılması faydalı olacak sistemlerden biri de enerji depolama sistemleridir. Güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları güneş ışınım miktarı, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı gibi durumlara bağlı oldukları için gün boyu elektrik üretmezler. Elektrik tüketiminin en fazla olduğu zaman dilimlerinde özellikle güneş panellerinden faydalanma oranı çok daha düşük olmaktadır. Dolayısıyla enerji depolama sistemlerinin kullanımı ile birlikte güneş panellerinin dağıtım şebekelerinde optimum kullanımı için de olanak sağlanmış olacaktır [11-14].

Bu çalışmanın amacı; dağıtım şebekelerine bağlanacak olan güneş panelleri ve enerji depolama sistemlerinin etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle 30 baralı dağıtım şebekesi üzerinde ileri-geri süpürme yöntemi ile yük akışı gerçekleştirilmiş ve sonrasında rastgele seçilen 3 baraya bağlanmış olan PV ve EDS ile birlikte dağıtım şebekesinin gerilim ve güç kayıpları değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

2. Yöntem

Son yıllarda yapılan yasal düzenlemelerle birlikte ülkemizde lisanssız olarak enerji üretimi ve satışına olanak tanınmıştır. Bu amaç doğrultusunda kullanılacak en önemli enerji üretim şekillerinden birisi güneş panelleridir. Güneş panelleri, hava sıcaklığı ve güneş ışınım miktarına bağlı olarak DC gerilim üreten yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. En basit hali ile güneş paneli Şekil 1'de görüldüğü üzere bir akım kaynağı, paralel bir diyot, paralel ve seri birer direnç ile modellenebilir [8].



Şekil 1. PV hücresine ait Elektriksel Eşdeğer Devre

Fotovoltaik hücreye ait çıkış akımını ifadesi eşitlik 1’de verilmiştir.

$$I = I_{ph} - I_d - I_p \quad (1)$$

Dağıtım sistemlerinde genellikle güç akışını çözmek için Newton temelli metotları, ileri/geri süpürme metotları, kompanzasyon metotları, Kirchoff gerilim kanunu ve direkt metotları kullanılmaktadır. Bu çalışmada en çok kullanılan yöntemlerden biri olan ileri/geri süpürme yöntemi kullanılmıştır. İleri-geri süpürme yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [15].

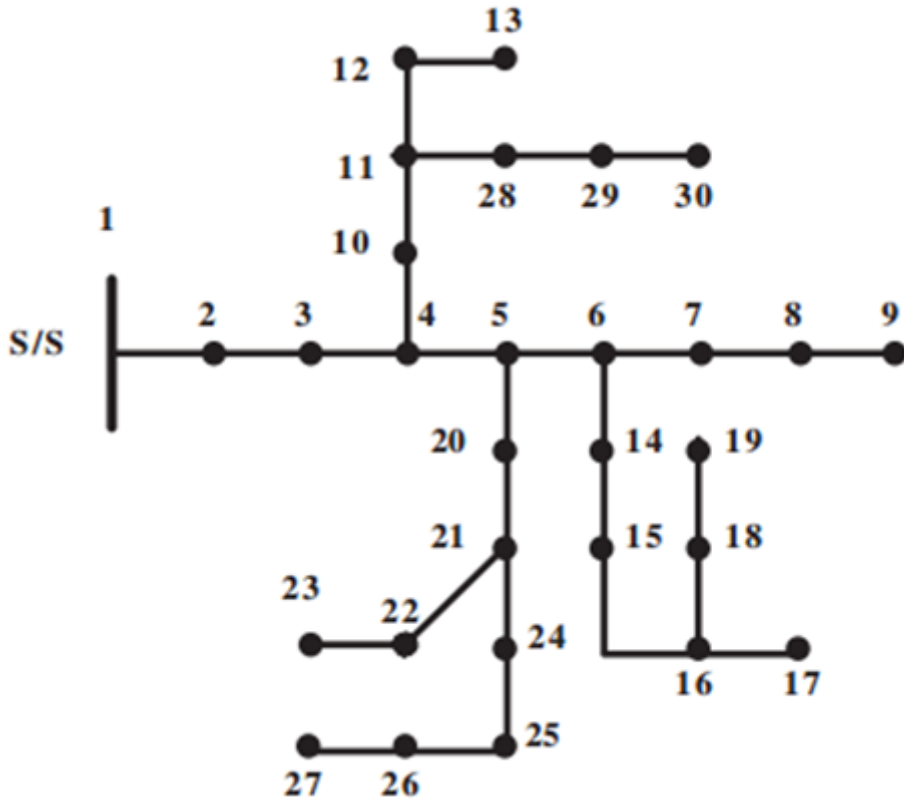
Adım 1. Başlangıç değerlerini ata ve dal akımlarını hesapla.

Adım 2. Kirchoff Akım Kanunu ile her bir hattan akan akımı hesapla.

Adım 3. Kaynaktan başlayarak en son baraya kadar bara gerilimlerini hesapla.

Adım 4. Gerilim hatalarını belirle hata değeri tanımlanan hata değerinden küçük ise işlemi sonlandır, değilse hesaplanan gerilimleri kullanarak yük akımlarını bul ve 2. adıma dön.

Akıllı şebekelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanılmasından dolayı üretilen enerjinin depolanması ve gerektiğinde kullanılabilmesi için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulur. Gün içerisinde güç talebinin az olduğu saatlerde yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen güç, depolama sistemine aktarılırken; talebin yoğun olduğu zaman dilimlerinde enerji depolama sistemi gerekli enerji ihtiyacını karşılamak üzere kullanılır. Şekil 2’de 30 baralı dağıtım şebekesi verilmiştir [16].



Şekil 2. 30 Baralı Dağıtım Şebekesi [16]

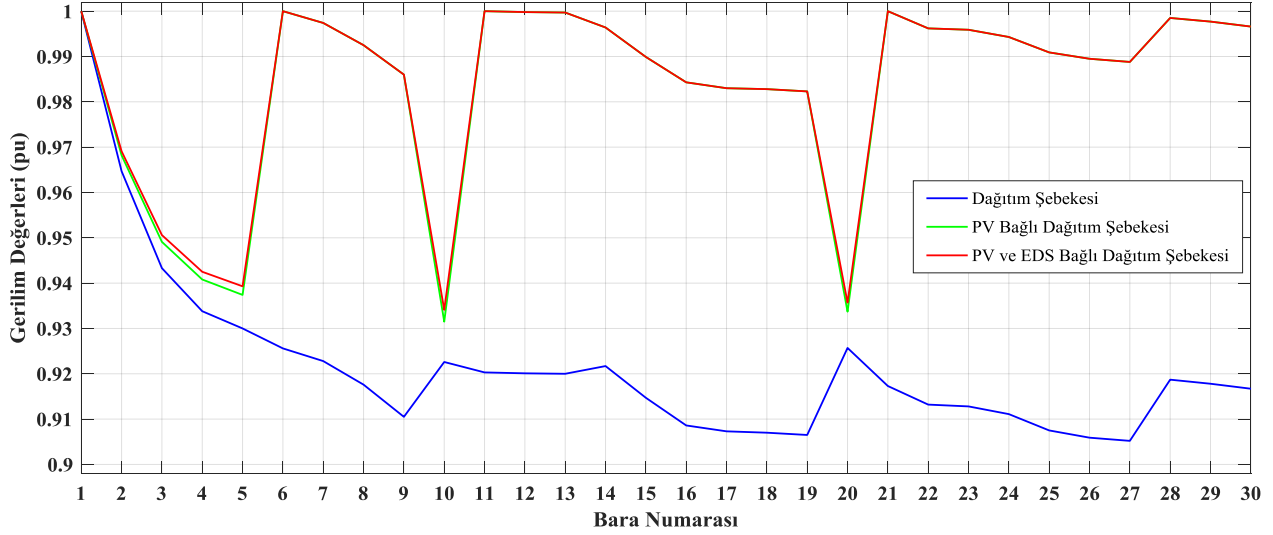
3. Simülasyon Sonuçları

Öncelikle Şekil 2’de verilen test sistemi üzerinde yük akışı programı çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1-a’da verilmiştir. Daha sonra ise 6,11 ve 21. baralara sırasıyla 30,40 ve 30 kW güçlerinde güneş panelleri bağlanmış yeni duruma ait sonuçlar Tablo 1-b’de verilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4’te ise bu sonuçlara ait karşılaştırma grafikleri verilmiş olup, gerilim seviyelerinde önemli bir artış görülmüş ve 146.0066 kW olan aktif güç kaybı 117.3897 kW değerine, 90.9583 kVAr olan reaktif güç kaybı ise 73.1020 kVAr değerine düşmüştür.

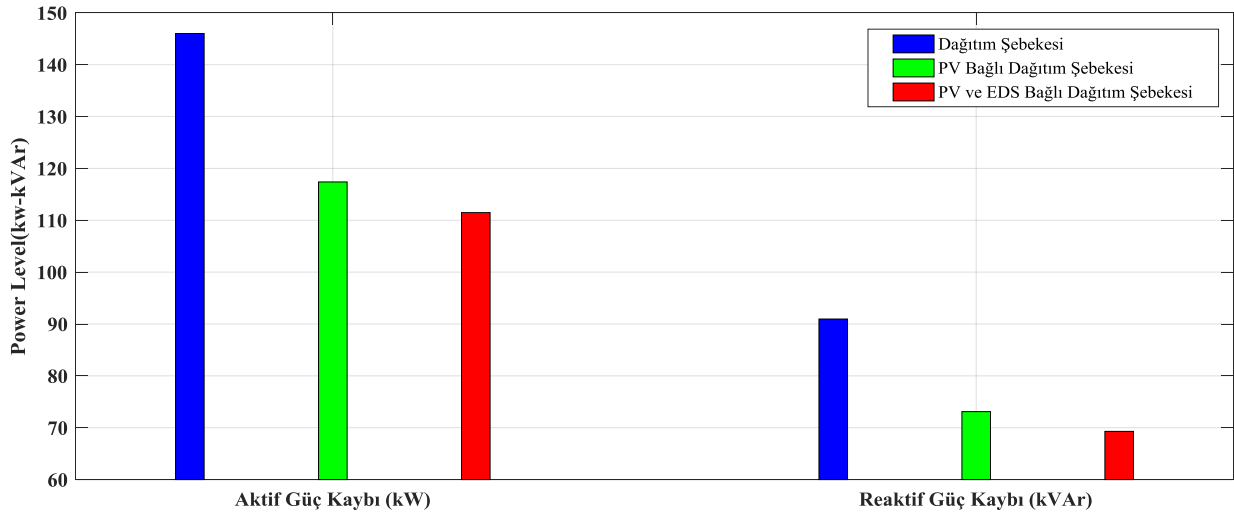
Son olarak ise güneş panelleri ile aynı baralara 20,25 ve 20 kW güçlerinde enerji depolama sistemleri bağlanmış ve son duruma ait sonuçlar Tablo 1-c’de verilmiştir. Yine Şekil 3 ve Şekil 4’ten de görüleceği üzere enerji depolama sistemlerinin şebekeye bağlanması ile birlikte bazı gerilim seviyelerinde iyileştirme ve güç kayıplarında yaklaşık 6 kW ve 4 kVAr değerinde azalma meydana gelmiştir.

Tablo 1. Yük Akışı Sonuçları

	Dağıtım Şebekesi (a)	PV Bağlı Dağıtım Şebekesi (b)	PV ve EDS Bağlı Dağıtım Şebekesi (c)
Bara No	Gerilim (pu)	Gerilim (pu)	Gerilim (pu)
1	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.9647	0.9682	0.9691
3	0.9433	0.9491	0.9506
4	0.9338	0.9408	0.9425
5	0.9300	0.9374	0.9393
6	0.9256	1.0000	1.0000
7	0.9228	0.9974	0.9974
8	0.9176	0.9925	0.9925
9	0.9105	0.9860	0.9860
10	0.9226	0.9315	0.9341
11	0.9203	1.0000	1.0000
12	0.9201	0.9998	0.9998
13	0.9200	0.9997	0.9997
14	0.9217	0.9964	0.9964
15	0.9147	0.9899	0.9899
16	0.9086	0.9843	0.9843
17	0.9073	0.9830	0.9830
18	0.9070	0.9828	0.9828
19	0.9065	0.9823	0.9823
20	0.9257	0.9337	0.9357
21	0.9173	1.0000	1.0000
22	0.9132	0.9962	0.9962
23	0.9128	0.9959	0.9959
24	0.9111	0.9943	0.9943
25	0.9075	0.9909	0.9909
26	0.9059	0.9895	0.9895
27	0.9052	0.9888	0.9888
28	0.9187	0.9985	0.9985
29	0.9178	0.9977	0.9977
30	0.9167	0.9966	0.9966
Toplam Güç Kaybı			
	Dağıtım Şebekesi (a)	PV Bağlı Dağıtım Şebekesi (b)	PV ve EDS Bağlı Dağıtım Şebekesi (c)
	$P_L = 146.0066 \text{ kW}$ $Q_L = 90.9583 \text{ kVAr}$	$P_L = 117.3897 \text{ kW}$ $Q_L = 73.1020 \text{ kVAr}$	$P_L = 111.4774 \text{ kW}$ $Q_L = 69.2947 \text{ kVAr}$



Şekil 3. Gerilim Seviyeleri Karşılaştırması



Şekil 4. Güç Kayıpları Karşılaştırması

4. Sonuç

Her geçen gün artan enerji ihtiyacı, enerji üretim sistemlerindeki çeşitliliğin artmasına ve klasik üretim sistemlerine olan bağımlılığın azalmasına daha fazla ihtiyaç duymamıza neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise bu anlamda en önemli üretim kaynaklarından biridir. YEK yerleşim yerlerine yakın bir şekilde kurulabildikleri için iletim maliyetlerini ve iletim hatlarındaki enerji kayıplarını azaltmaktadır. Ayrıca dağıtım şebekelerinde gerilim seviyelerini yükseltmek ve dağıtım hatlarındaki enerji kayıplarını azaltmaktadır. Bunlara bağlı olarak ise YEK'nın, enerji verimliliği, üretim, işletim ve kullanım maliyetleri üzerinde de olumlu etkisi vardır. Türkiye'de 1000 kW değerine kadar lisanssız tesis kurulmasına izin verildiği için yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin artmasının desteklenmesi ile birlikte dağıtım hatlarındaki fazla yük azaltılmış olacaktır.

Bu çalışmada lisansız üretim ile dağıtım şebekesine bağlanmış rastgele 3 üreticinin dağıtım şebekesine etkisi araştırılmış olup, gerilim seviyelerindeki artış ve hat kayıplarındaki azalma net bir şekilde görülmektedir. Bu üreticilerin yenilenebilir enerji kaynaklarını enerji depolama sistemi ile birlikte kullanmaları durumunda gerilim seviyeleri ve hat kayıplarındaki iyileşmede bir miktar daha artış olacaktır. Ayrıca güneş panelleri gibi sınırlı zamanlarda enerji üretimi yapan üretim sistemlerinden elde edilen enerjinin puant zamanlarda şebekeye verilmesini sağlayacak olan enerji depolama sistemleri, hem lisanssız üretici için elde edilecek geliri arttıracak hem de klasik üretim sistemlerinden karşılanacak olan enerji miktarını düşüreceği için bu alandaki maliyetleri azaltacaktır.

Kaynaklar

- [1] Kersting, W. H., *Distribution System Modeling and Analysis*, CRC Press, Boca Raton, 2006.
- [2] Pittsburgh, E., *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*, Westinghouse Electr. Corp., East Pittsburgh, Pennsylvania, 1964.
- [3] Gönen, T., *Electric Power Distribution Engineering*, CRC Boca Raton, 2007.
- [4] Faruqui, A., Hughes, J., Mauldin, M., *Real-time pricing in California: R&D issues and needs*, California Energy Commission, Oakland-California, 2002.
- [5] Heydt, G.T., *The Next Generation of Power Distribution Systems*, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 1. 2010.
- [6] Fangxing, L., Wei, Q., Hongbin, S., Hui, W., Jianhui, W., Yan, X., Zhao, X., Pei, Z., *Smart Transmission Grid: Vision and Framework*. IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 1. 2010.
- [7] Mahmoud, S.A., Alsari, M.M., Reda, E.I., Alhammadi, R.M., *MATLAB modeling and simulation of photovoltaic modules*. IEEE 55th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), 2012, Boise-Idaho.
- [8] Wook, K., Van-Huan, D., Thanh-Tuan N., Woojin C., *Analysis of the effects of inverter ripple current on a photovoltaic power system by using an AC impedance model of the solar cell*, Renewable Energy, Vol. 59. 2013.
- [9] Chouder, A., Silvestre, S., Taghezouit, B., Karatepe, E., *Monitoring, modelling and simulation of PV systems using LabVIEW*. Solar Energy, Vol. 91. 2013.
- [10] Ishaque, K., Salam, Z., *An improved modeling method to determine the model parameters of photovoltaic (PV) modules using differential evolution (DE)*., Solar Energy, Vol. 85. 2011.
- [11] Yixing, X., Singh, C., *Power System Reliability Impact of Energy Storage Integration With Intelligent Operation Strategy*. IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 5. 2014.
- [12] Duong, T., Khambadkone, A.M., *Energy Management for Lifetime Extension of Energy Storage System in Micro-Grid Applications*. IEEE Transactions on Smart Grid Vol. 4. 2013.
- [13] Molina M.G., *Distributed energy storage systems for applications in future smart grids*. Transmission and Distribution: Latin America Conference and Exposition (T&D-LA), 2012 Sixth IEEE/PES , 3-5 Sept. 2012, Montevideo Uruguay.
- [14] Liu, Q., Ge L., Zhang, X., Qi Huanruo, Jiang, H., *A Study on the Energy Storage System Location Selection and Capacity Optimization of Wind Power*. 2014 International Conference on Power System Technology (POWERCON 2014), 20-22 October 2014, Chengdu
- [15] Augugliaro, A., Dusonchet, L., Favuzza, S., Ippolito, M. G., Sanseverino, E. R., *A new backward/forward method for solving radial distribution network with PV nodes*. Elect. Power Syst. Res., Vol. 78. 2008.
- [16] Savier, E.S., Das, D, *An Exact method for loss allocation in radial distribution systems*. Electrical Power and Energy Systems, Vol. 36. 2012: Elsevier