



DENGESİZ GÜÇ AKIŞI ANALİZLERİ İÇİN SABİT HIZLI ASENKRON GENERATÖRLÜ RÜZGAR TÜRBİNİ MODELİ

BÖLÜM 1: GENERATÖR MODELİ BÖLÜM 2: YÜK AKIŞI UYGULAMALARI

Ahmet KÖKSOY

Gebze Teknik Üniversitesi

Elektronik Mühendisliği Bölümü

Gebze / KOCAELİ

akoksoy@gtu.edu.tr



Sunum Planı

- Çalışmanın Amacı
- Önerilen Model
- Sayısal Sonuçlar
- Modelin Yük Akışına Uygulanması
- Yük Akışı Sonucu
- Sonuç

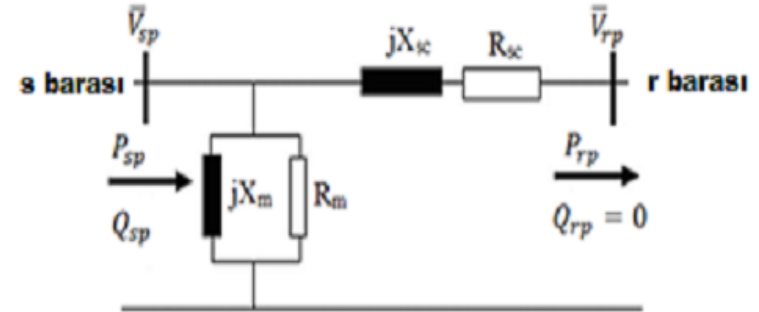
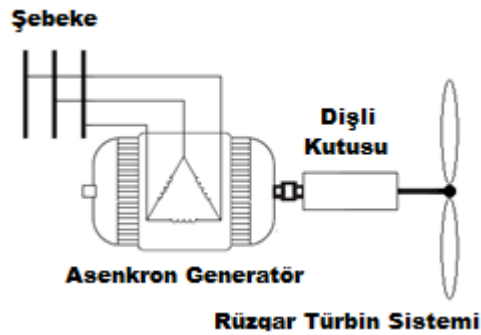


Çalışmanın Amacı

Dengesiz yük akışı analizleri için literatürde üç temel model yaklaşımı bulunmaktadır.

- I. Sabit P,Q Modeli
- II. Sabit $P, Q = f(\text{Pozitif Sıra Gerilimi } (V+))$ Modeli
- III. Geleneksel Sabit Hızlı İndüksiyon Generatörü Sıra Devrelerini Kullanarak Akım-Gerilim Denklemlerini Çözmeye Dayalı Modeller

Önerilen Model



Önerilen Model Algoritması

$$P_T = 3(P_{rp} + P_{rn})$$

$$V_{rp} = \frac{\sqrt{V_{sp}^2 - 2R_{sc}P_{rp} + \sqrt{(V_{sp}^2 - 2R_{sc}P_{rp})^2 - 4Z_{sc}^2P_{rp}^2}}}{2}$$

$$I_{sn} = \frac{V_{sn}}{\sqrt{\left(R_{sc} + \frac{(R_r - R_r^2)P_{rp} - R_r V_{rp}^2}{2V_{rp}^2 + P_{rp}R_r}\right)^2 + X_{sc}^2}}$$

$$P_{rn} = I_{sn}^2 \left(\frac{(R_r - R_r^2)P_{rp} - R_r V_{rp}^2}{2V_{rp}^2 + P_{rp}R_r} \right)$$

$$P_{sp} = P_{rp} + \left(\frac{P_{rp}}{V_{rp}} \right)^2 R_{sc} + \frac{V_{sp}^2}{R_m}$$

$$P_{sn} = P_{rn} + I_{sn}^2 R_{sc}$$

$$P_s = 3(P_{sp} + P_{sn})$$

$$Q_{sp} = \left(\frac{P_{rp}}{V_{rp}} \right)^2 X_{sc} + \frac{V_{sp}^2}{X_m}$$

$$Q_{sn} = I_{sn}^2 X_{sc}$$

$$Q_s = 3(Q_{sp} + Q_{sn})$$

(3) **Adım 1:** Tüm mekanik giriş gücünün (P_T) pozitif sıra devresine aktarıldığı kabul edilerek (3) eşitliğinden P_{rp} 'nin başlangıç değerini hesapla.

(5) **Adım 2:** (5) eşitliğini kullanarak V_{rp} değerini hesapla.

Adım 3: Bir önceki adımda hesaplanan V_{rp} değerini ve (3) eşitliğinden elde edilen P_{rp} değerini (6) ve (7)

(6) eşitliklerinde yerine koyarak I_{rn} ve P_{rn} değerlerini hesapla.

Adım 4: (8) - (13) aralığındaki eşitlikleri kullanarak P_s ve Q_s değerlerini hesapla.

(7) **Adım 5:** P_s ve Q_s değerlerinin son iki ardışıl çözüm sonuçları (i+1. ve i. ardışıl çözümleri) arasındaki fark, tolerans değeriyle (ϵ) karşılaştır. (14) ve (15)

(8) eşitsizliklerinin sağlanmadığı durumda en son hesaplanan

(9) P_{rp} değerini kullanarak (3) eşitliğine göre P_{rn} güncellenir ve **Adım 2**'ye geri dönlür.

$$(10) \quad \epsilon > \left| \frac{P_{Si+1} - P_{Si}}{P_{Si}} \right| \quad (14)$$

$$(11) \quad \epsilon > \left| \frac{Q_{Si+1} - Q_{Si}}{Q_{Si}} \right| \quad (15)$$

(13)



Sayısal Sonuçlar

Benzetim Senaryoları:

- Senaryo-1: *Değişken VUF, Sabit V_e 'ye Sahip Gerilimler Altında Test (VUF %1'den %5'e ve $V_e=1.0 pu$)*
- Senaryo-2: *Değişken V_e , Sabit VUF 'a Sahip Gerilimler Altında Test (V_e 0.6 pu 'den 1.2 pu 'ye ve $VUF=%5$)*

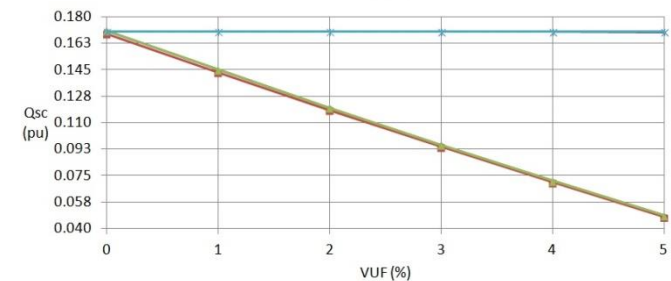
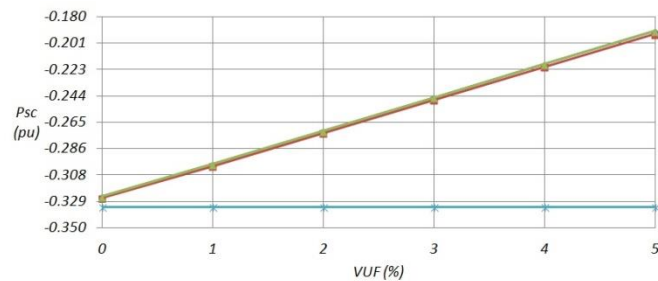
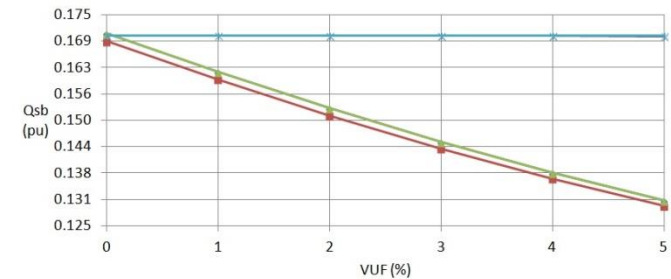
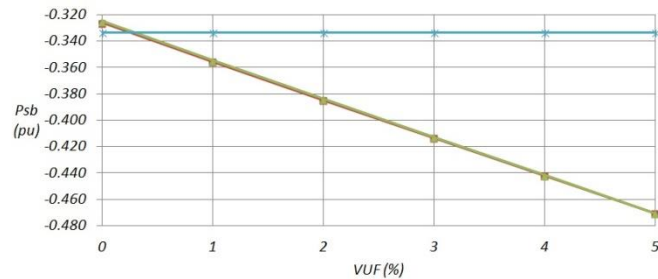
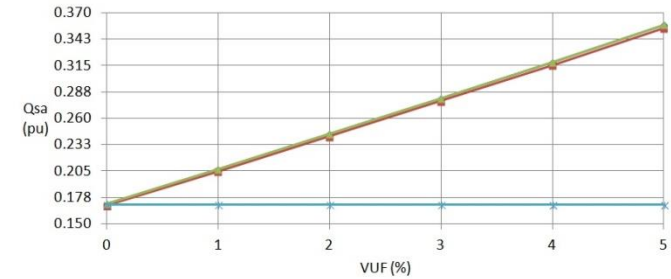
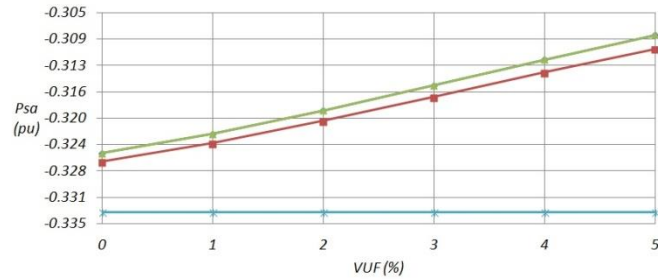
IEEE standart 1459-2010'da tanımlanan Gerilim Eşdeğer Etkin Değer (V_e):

$$V_e = \sqrt{\frac{V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2}{9}} = \sqrt{V_{sp}^2 + V_{sn}^2}$$

IEC standartında tanımlanan Gerilim Dengesizlik Faktörü (VUF):

$$VUF(\%) = \frac{V_{sn}}{V_{sp}} \cdot 100$$

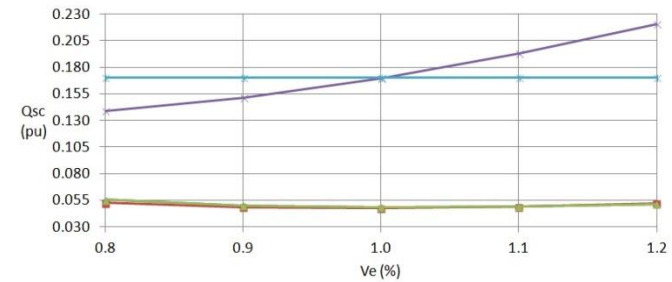
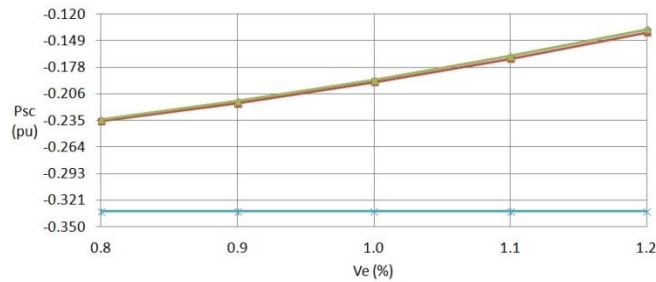
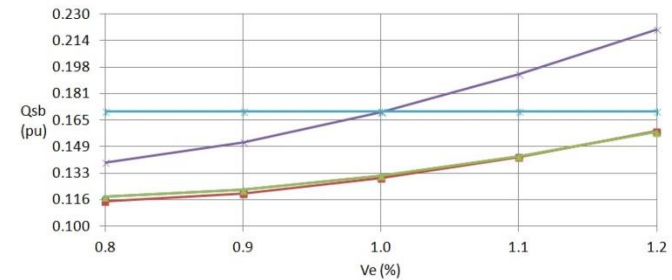
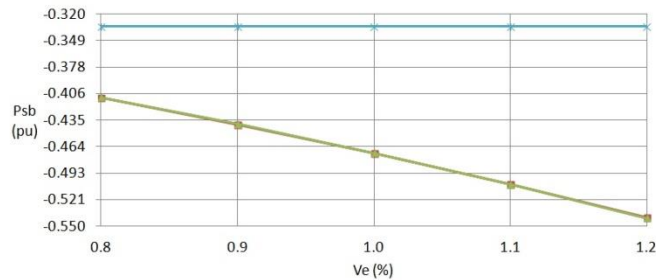
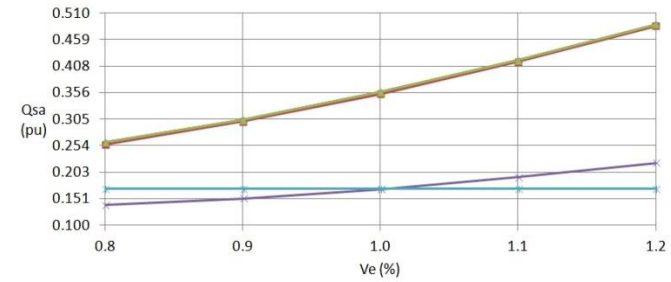
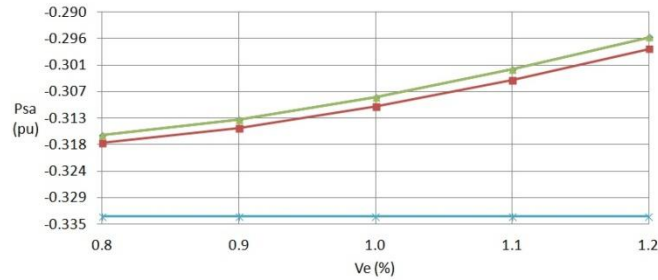
Sayısal Sonuçlar (Senaryo-1)



— Simulink Dinamik Modeli — Önerilen Metod — Kayma Temelli Metod
— Sabit P,Q(V+) Metodu — Sabit P,Q Metodu

— Simulink Dinamik Modeli — Önerilen Metod — Kayma Temelli Metod
— Sabit P,Q(V+) Metodu — Sabit P,Q Metodu

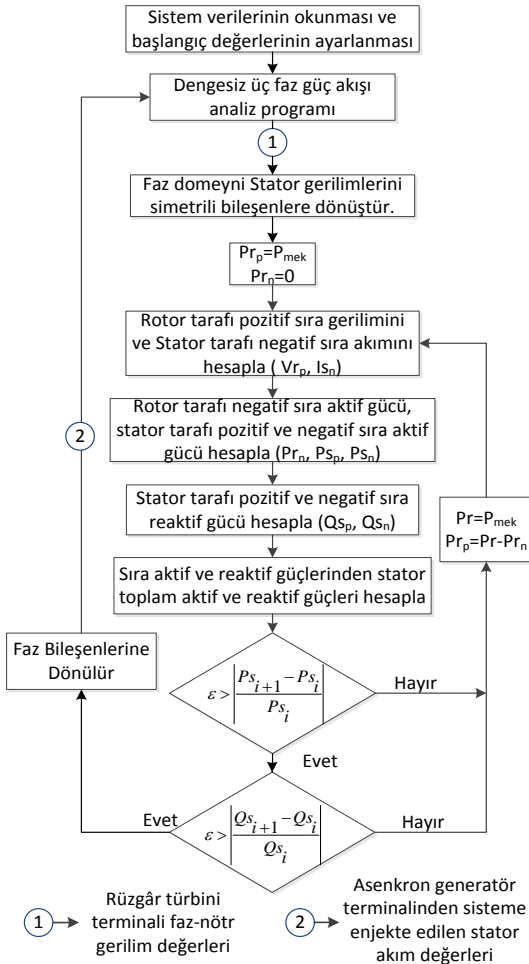
Sayısal Sonuçlar (Senaryo-2)



—●— Simulink Dinamik Modeli
 —■— Önerilen Metod
 —▲— Kayma Temelli Metod
—×— Sabit P,Q(V+) Metodu
—+— Sabit P,Q Metodu

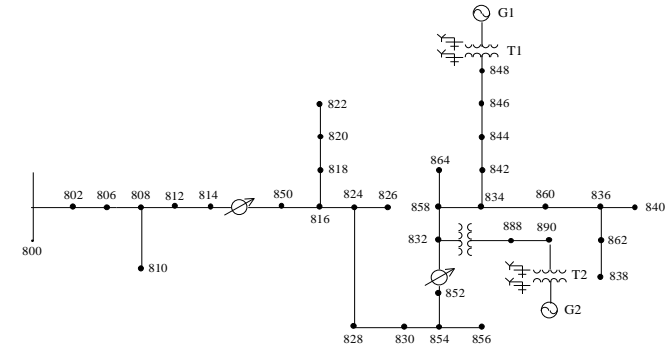
—●— Simulink Dinamik Modeli
 —■— Önerilen Metod
 —▲— Kayma Temelli Metod
—×— Sabit P,Q(V+) Metodu
—+— Sabit P,Q Metodu

Modelin Yük Akışına Uygulanması



Çalışmanın bu kısmında,

- Önerilen model (Model 1)
- Kayma hesabı temelli fazör tanım bölgesi modeli (Model 2)
- Sabit P-Q(V+) modeli (Model 3)
- Sabit P-Q modeli (Model 4)



IEEE tarafından yayımlanan 34 baralı dengesiz radyal dağıtım test sisteminde yük akışına uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Ayrıca bu dört modelin performansları işlem karmaşıklığı açısından da değerlendirilmiştir.

Yük akışı analizleri OpenDSS (Open Distribution System Simulator) programı ile gerçekleştirilmiş, modellere ait kütüphane (DLL) dosyaları Delphi programı ile oluşturulmuştur.

Yük Akışı Sonucu

Bara No	Bara İsmi	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
2	802	%0,01	%0,01	%0,02	%0,02
4	808	%0,01	%0,01	%0,06	%0,07
7	814	%0,00	%0,05	%0,17	%0,19
8	850	%0,00	%0,05	%0,17	%0,20
9	816	%0,00	%0,06	%0,17	%0,19
12	822	%0,00	%0,05	%0,18	%0,20
13	824	%0,00	%0,06	%0,19	%0,22
17	854	%0,01	%0,09	%0,23	%0,26
18	852	%0,03	%0,12	%0,30	%0,34
20	832	%0,03	%0,13	%0,29	%0,33
21	858	%0,04	%0,13	%0,30	%0,34
23	890	%0,13	%0,14	%0,88	%1,03
24	864	%0,18	%0,27	%0,16	%0,19
25	834	%0,04	%0,13	%0,30	%0,34
29	848	%0,04	%0,14	%0,31	%0,35
32	840	%0,03	%0,13	%0,31	%0,35
35	G1	%0,02	%0,11	%0,41	%0,45
36	G2	%0,24	%0,10	%1,06	%1,26

Bara No	Bara İsmi	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
1	800	%0,01	%0,01	%0,01	%0,01
2	802	%0,01	%0,01	%0,01	%0,01
4	808	%0,03	%0,02	%0,02	%0,02
5	810	%0,04	%0,02	%0,02	%0,03
7	814	%0,08	%0,03	%0,04	%0,06
8	850	%0,09	%0,04	%0,04	%0,06
9	816	%0,08	%0,04	%0,04	%0,06
13	824	%0,09	%0,04	%0,04	%0,06
14	826	%0,09	%0,04	%0,04	%0,06
17	854	%0,10	%0,03	%0,03	%0,06
18	852	%0,12	%0,04	%0,03	%0,07
19	856	%0,10	%0,04	%0,03	%0,06
20	832	%0,12	%0,04	%0,03	%0,07
21	858	%0,12	%0,04	%0,03	%0,07
23	890	%0,32	%0,05	%0,04	%0,21
25	834	%0,13	%0,04	%0,03	%0,07
29	848	%0,12	%0,04	%0,02	%0,06
31	836	%0,03	%0,06	%0,07	%0,03
32	840	%0,02	%0,06	%0,07	%0,03
34	838	%0,13	%0,04	%0,03	%0,07
35	G1	%0,17	%0,06	%0,11	%0,15
36	G2	%0,42	%0,10	%0,11	%0,32

Bara No	Bara İsmi	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
1	802	%0,01	%0,01	%0,02	%0,02
2	808	%0,01	%0,01	%0,06	%0,07
7	814	%0,00	%0,05	%0,17	%0,19
8	850	%0,00	%0,05	%0,17	%0,20
9	816	%0,00	%0,06	%0,17	%0,19
13	822	%0,00	%0,05	%0,18	%0,20
17	824	%0,00	%0,06	%0,19	%0,22
18	854	%0,01	%0,09	%0,23	%0,26
20	852	%0,03	%0,12	%0,30	%0,34
21	832	%0,03	%0,13	%0,29	%0,33
23	858	%0,04	%0,13	%0,30	%0,34
25	890	%0,13	%0,14	%0,88	%1,03
29	864	%0,18	%0,27	%0,16	%0,19
31	834	%0,04	%0,13	%0,30	%0,34
32	848	%0,04	%0,14	%0,31	%0,35
35	840	%0,03	%0,13	%0,31	%0,35
36	G1	%0,02	%0,11	%0,41	%0,45

A Fazı Gerilim Genlik Hata Oranları

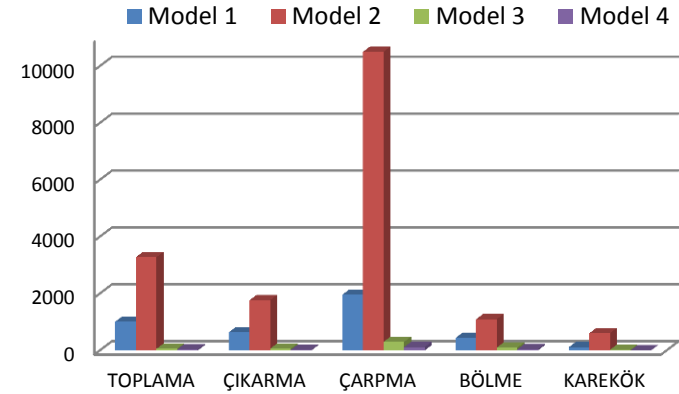
B Fazı Gerilim Genlik Hata Oranları

C Fazı Gerilim Genlik Hata Oranları

Yük Akışı Sonucu

Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
Genel İterasyon		Genel İterasyon		Genel İterasyon		Genel İterasyon	
Azami Makine İterasyonu		Azami Makine İterasyonu		Azami Makine İterasyonu		Azami Makine İterasyonu	
11	1	12	6	10	-	9	-

Modellere ait İterasyon Sayıları



Modellere ait İşlem Sayıları



Sonuç

1.Kısımda yapılan analizlerde;

- Çeşitli dengesizlik durumları altında yapılan model hassasiyet analizlerinde; önerilen modelin, literatürde yer alan kayma hesabına dayanan fazör tanım bölgesi model ve d-q modeline uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Basitleştirilmiş asenkron generatör modelleri olan sabit P,Q ve sabit P,Q(V+) modellerinin dengesizlik altında önemli derecede hatalı sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır.

2.Kısımda yapılan analizlerde;

- Bara gerilimlerinin hesabında, önerilen model ve kayma hesabı temelli fazör tanım bölgesi modelin, Sabit P,Q model ve Sabit P-Q(V+) modele göre daha doğru sonuç verdiği gözlemlenmiştir.
- Önerilen modelin kayma hesabı temelli fazör tanım bölgesi modele göre yük akışı uygulamasında daha az iterasyon ve işlem sayısı gerektirdiği sonucuna varılmıştır.



İlginiz için teşekkürler...