

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKSENEL AKILI SÜREKLİ MIKNATISLI GENERATÖRLERDE
MIKNATIS AÇISI VE GRUPLAMA TEKNİĞİNİN
VURUNTU MOMENTİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aykan MUTLU

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Engin HÜNER

HAZİRAN 2020

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKSENEL AKILI SÜREKLİ MIKNATISLI GENERATÖRLERDE
MIKNATIS AÇISI VE GRUPLAMA TEKNİĞİNİN
VURUNTU MOMENTİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Aykan MUTLU
1178204101**

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Engin HÜNER

HAZİRAN 2020

Biricik Eşime,

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında ve akademik hayatımın her aşamasında kıymetli tecrübelerini benden hiç bir zaman esirgemeyen, destek ve teşviklerini her zaman şükranla anacağım, danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Engin HÜNER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca beni cesaretlendirip yanımda olan sevgili annem, babam ve abime; hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmam boyunca elimden tutan ve sürekli sevgisiyle, teşvikleriyle yanımda olan biricik eşim Çağla ISLATTI MUTLU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2020

Aykan MUTLU
Elektrik Elektronik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	3
2. ELEKTRİK MAKİNELERİ.....	9
2.1. Doğru Akım Makineleri.....	9
2.2. Alternatif Akım Makineleri.....	10
2.2.1. Asenkron makineler.....	11
2.2.2. Sürekli mıknatıslı senkron makineler (SMSM)	12
2.2.3. Radyal akıllı sürekli mıknatıslı makine (RASM)	16
2.2.3.1. İç rotor tasarımı	17
2.2.3.2. Makine iç rotoru için stator tasarımı	17
2.2.3.3. Dış rotor tasarımı.....	18
2.2.4. Eksenel akıllı sürekli mıknatıslı senkron makineler (EASMSM).....	19
2.2.4.1. Tek- kenar yapılı EASMSM	21
2.2.4.2. Çift kenar yapısına sahip EASMSM.....	22
2.2.4.3. Çoklu kenar yapısına sahip EASMSM	23
2.2.4.4. EASMSM’da rotor ve stator yapıları	24
2.3. Vuruntu Momenti.....	26
2.3.1. Stator tarafında vuruntu momentini azaltıcı yöntemler	26
2.3.2. Rotor tarafında vuruntu momentini azaltıcı yöntemler.....	27
3. TASARIM.....	29
3.1. Maxwell Analiz Yöntemi	29

3.2.	Maxwell Analiz Yöntemiyle Alınan Sonuçlar	32
3.2.1.	Manyetik analiz.....	32
3.2.2.	Manyetik analiz sonucu vurutu momenti değerleri.....	36
3.3.	Tasarımın Uygulanması	40
3.3.1.	Stator	40
3.3.2.	Rotor	40
3.3.3.	Mıknatıs tutma aparatı	41
3.3.4.	Pleksi kalıplar.....	41
3.3.5.	Deney düzeneği ve yük kademeleri	42
4.	DENEY SONUÇLARI.....	45
4.1.	2’li Gruplama Tekniği Sonuçlar.....	46
4.1.1.	2’li gruplama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	46
4.1.2.	2’li gruplama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	49
4.1.3.	2’li gruplama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	52
4.1.4.	2’li gruplama 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	56
4.1.5.	2’li gruplama 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	59
4.1.6.	2’li gruplama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	62
4.1.7.	2’li gruplama 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	66
4.1.8.	2’li gruplama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	69
4.1.9.	2’li gruplama 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	72
4.1.10.	2’li gruplama 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	76
4.1.11.	2’li gruplama 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	79
4.1.12.	2’li gruplama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	82
4.1.13.	2’li gruplama genel değerlendirme	86
4.2.	4’lü Gruplama Tekniği Sonuçlar.....	94
4.2.1.	4’lü gruplama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	94
4.2.2.	4’lü gruplama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	97
4.2.3.	4’lü gruplama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	100
4.2.4.	4’lü gruplama 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	104
4.2.5.	4’lü gruplama 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	107
4.2.6.	4’lü gruplama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	110
4.2.7.	4’lü gruplama 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	114
4.2.8.	4’lü gruplama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	117
4.2.9.	4’lü gruplama 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	120
4.2.10.	4’lü gruplama 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları.....	123

4.2.11.	4'lü gruptama 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	127
4.2.12.	4'lü gruptama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	130
4.2.13.	4'lü gruptama genel değerlendirme	134
4.3.	6'lı Gruptama Tekniği Sonuçlar.....	142
3.3.1.	6'lı gruptama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları ..	142
4.3.2.	6'lı gruptama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları ..	145
4.3.3.	6'lı gruptama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları ..	148
4.3.4.	6'lı gruptama 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları ..	152
4.3.5.	6'lı gruptama 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları ..	155
4.3.6.	6'lı gruptama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	158
4.3.7.	6'lı gruptama 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	162
4.3.8.	6'lı gruptama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	165
4.3.9.	6'lı gruptama 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	168
4.3.10.	6'lı gruptama 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	172
4.3.11.	6'lı gruptama 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	175
4.3.12.	6'lı gruptama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları	178
4.3.13.	6'lı gruptama genel değerlendirme	182
4.4.	Gruplamalar Arası Genel Değerlendirme	190
4.5.	Vuruntu Momenti Açısından Manyetik Analiz ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	193
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	197
	KAYNAKÇA	203
	ÖZGEÇMİŞ.....	207

KISALTMALAR

DA	: Doğru Akım
ASM	: Asenkron Makine
SMSM	: Sürekli Mıknatıslı Senkron Makine
EASM	: Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı
RASM	: Radyal Akılı Sürekli Mıknatıslı
SEY	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
SEA	: Sonlu Elamanlar Analizi
EMK	: Elektro Manyetik Kuvvet

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1	: 2'li graplama 0° ile alınan deneysel sonuçlar.	47
Çizelge 4.2	: 2'li graplama 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. ...	48
Çizelge 4.3	: 2'li graplama 2° ile alınan deneysel sonuçlar.	51
Çizelge 4.4	: 2'li graplama 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. ...	52
Çizelge 4.5	: 2'li graplama 4° ile alınan deneysel sonuçlar.	54
Çizelge 4.6	: 2'li graplama 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. ...	55
Çizelge 4.7	: 2'li graplama 6° ile alınan deneysel sonuçlar.	57
Çizelge 4.8	: 2'li graplama 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. ...	58
Çizelge 4.9	: 2'li graplama 8° ile alınan deneysel sonuçlar.	61
Çizelge 4.10	: 2'li graplama 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. ...	62
Çizelge 4.11	: 2'li graplama 10° ile alınan deneysel sonuçlar.	64
Çizelge 4.12	: 2'li graplama 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	65
Çizelge 4.13	: 2'li graplama 12° ile alınan deneysel sonuçlar.	67
Çizelge 4.14	: 2'li graplama 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	68
Çizelge 4.15	: 2'li graplama 14° ile alınan deneysel sonuçlar.	71
Çizelge 4.16	: 2'li graplama 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	72
Çizelge 4.17	: 2'li graplama 16° ile alınan deneysel sonuçlar.	74
Çizelge 4.18	: 2'li graplama 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	75
Çizelge 4.19	: 2'li graplama 18° ile alınan deneysel sonuçlar.	77
Çizelge 4.20	: 2'li graplama 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	78
Çizelge 4.21	: 2'li graplama 20° ile alınan deneysel sonuçlar.	81
Çizelge 4.22	: 2'li graplama 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	82
Çizelge 4.23	: 2'li graplama 22° ile alınan deneysel sonuçlar.	84
Çizelge 4.24	: 2'li graplama 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	85
Çizelge 4.25	: 2'li graplama ile alınan deneysel sonuçlar.....	86
Çizelge 4.26	: 2'li graplama ile alınan vuru mu momenti deneysel sonuçları.....	92
Çizelge 4.27	: 4'lü graplama 0° ile alınan deneysel sonuçlar.	95
Çizelge 4.28	: 4'lü graplama 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri....	96
Çizelge 4.29	: 4'lü graplama 2° ile alınan deneysel sonuçlar.	99

Çizelge 4.30 : 4'lü grupta 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	100
Çizelge 4.31 : 4'lü grupta 4° ile alınan deneysel sonuçlar.	102
Çizelge 4.32 : 4'lü grupta 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	103
Çizelge 4.33 : 4'lü grupta 6° ile alınan deneysel sonuçlar.	105
Çizelge 4.34 : 4'lü grupta 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	106
Çizelge 4.35 : 4'lü grupta 8° ile alınan deneysel sonuçlar.	109
Çizelge 4.36 : 4'lü grupta 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	110
Çizelge 4.37 : 4'lü grupta 10° ile alınan deneysel sonuçlar.	112
Çizelge 4.38 : 4'lü grupta 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	113
Çizelge 4.39 : 4'lü grupta 12° ile alınan deneysel sonuçlar.	115
Çizelge 4.40 : 4'lü grupta 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	116
Çizelge 4.41 : 4'lü grupta 14° ile alınan deneysel sonuçlar.	118
Çizelge 4.42 : 4'lü grupta 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	119
Çizelge 4.43 : 4'lü grupta 16° ile alınan deneysel sonuçlar.	122
Çizelge 4.44 : 4'lü grupta 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	123
Çizelge 4.45 : 4'lü grupta 18° ile alınan deneysel sonuçlar.	125
Çizelge 4.46 : 4'lü grupta 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	126
Çizelge 4.47 : 4'lü grupta 20° ile alınan deneysel sonuçlar.	128
Çizelge 4.48 : 4'lü grupta 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	129
Çizelge 4.49 : 4'lü grupta 22° ile alınan deneysel sonuçlar.	132
Çizelge 4.50 : 4'lü grupta 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	133
Çizelge 4.51 : 4'lü grupta ile alınan deneysel sonuçlar.	134
Çizelge 4.52 : 4'lü grupta vuru momentini değişimi.	140
Çizelge 4.53 : 6'lı grupta 0° ile alınan deneysel sonuçlar.	143
Çizelge 4.54 : 6'lı grupta 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	144
Çizelge 4.55 : 6'lı grupta 2° ile alınan deneysel sonuçlar.	147
Çizelge 4.56 : 6'lı grupta 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	148
Çizelge 4.57 : 6'lı grupta 4° ile alınan deneysel sonuçlar.	150
Çizelge 4.58 : 6'lı grupta 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri..	151
Çizelge 4.59 : 6'lı grupta 6° ile alınan deneysel sonuçlar.	153

Çizelge 4.60 : 6'lı gruplama 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	154
Çizelge 4.61 : 6'lı gruplama 8° ile alınan deneysel sonuçlar.	157
Çizelge 4.62 : 6'lı gruplama 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri. .	158
Çizelge 4.63 : 6'lı gruplama 10° ile alınan deneysel sonuçlar.	160
Çizelge 4.64 : 6'lı gruplama 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	161
Çizelge 4.65 : 6'lı gruplama 12° ile alınan deneysel sonuçlar.	163
Çizelge 4.66 : 6'lı gruplama 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	164
Çizelge 4.67 : 6'lı gruplama 14° ile alınan deneysel sonuçlar.	167
Çizelge 4.68 : 6'lı gruplama 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	168
Çizelge 4.69 : 6'lı gruplama 16° ile alınan deneysel sonuçlar.	170
Çizelge 4.70 : 6'lı gruplama 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	171
Çizelge 4.71 : 6'lı gruplama 18° ile alınan deneysel sonuçlar.	173
Çizelge 4.72 : 6'lı gruplama 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	174
Çizelge 4.73 : 6'lı gruplama 20° ile alınan deneysel sonuçlar.	177
Çizelge 4.74 : 6'lı gruplama 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	178
Çizelge 4.75 : 6'lı gruplama 22° ile alınan deneysel sonuçlar.	180
Çizelge 4.76 : 6'lı gruplama 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.	181
Çizelge 4.77 : 6'lı gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.	182
Çizelge 4.78 : 6'lı gruplama ile alınan vuru mu momenti deneysel sonuçları.	188

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : DC makine.	9
Şekil 2.2 : SMSM dik kesit konfigürasyonu.	12
Şekil 2.3 : SMSM çeşitleri.....	16
Şekil 2.4 : Radyal akılı SMSM’lerde manyetik akı ve akım yönü.	16
Şekil 2.5 : Rotor içte radyal akılı sürekli mıknatıslı senkron makine.....	17
Şekil 2.6 : Rotor dışta radyal akılı sürekli mıknatıslı senkron makine.....	18
Şekil 2.7 : Eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerin yapısı.	20
Şekil 2.8 : EASMSM Sınıflandırılması.	21
Şekil 2.9 : Tek stator – Tek rotor EASMSM.....	22
Şekil 2.10 : a. Oluksuz statorlu b. Oluklu statorlu yüzey yerleştirmeli EASMSM. ...	22
Şekil 2.11 : Tek Stator – Çift Rotor EASMSM.....	23
Şekil 2.12 : a. Oluksuz iç statorlu dış rotorlu b. Oluklu iç stator dış rotorlu c. Oluksuz	23
Şekil 2.13 : Çeşitli kombinasyonda Stator - Rotor EASMSM.	24
Şekil 2.14 : Rotor.....	24
Şekil 2.15 : Stator.	25
Şekil 2.16 : Stator tarafına uygulanacak teknikler.....	27
Şekil 3.1 : Rotor tasarımı.....	29
Şekil 3.2 : Kutup tasarımı ve dizilimi.....	30
Şekil 3.3 : Stator tasarımı.	30
Şekil 3.4 : İki rotor bir stator konumlandırılması.	31
Şekil 3.5 : 2’li gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı b) 22° kutup yerleştirme açısı.	33
Şekil 3.6 : 4’lü gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı b) 22° kutup yerleştirme açısı.	34
Şekil 3.7 : 6’lı gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı b) 22° kutup yerleştirme açısı.	35
Şekil 3.8 : 2’li gruplama 0°-22° vuru moment analizi grafiği.....	36
Şekil 3.9 : 2’li gruplama 0°-22° vuru moment yüzdelik değişimi.	37
Şekil 3.10 : 4’lü gruplama 0°-22° vuru moment analizi grafiği.....	37

Şekil 3.11 : 4'lü gruplama 0°-22° vuruñtu momenti yüzdelik değişimi.....	38
Şekil 3.12 : 6'lı gruplama 0°-22° vuruñtu momenti analiz grafiği.	38
Şekil 3.13 : 6'lı gruplama 0°-22° vuruñtu momenti yüzdelik değişimi.....	39
Şekil 3.14 : 2'li, 4'lü, 6'lı gruplama optimum değerler vuruñtu momenti analizi.....	39
Şekil 3.15 : Sargısız ve sarım yapılmış stator.	40
Şekil 3.16 : Miknatıs tutma aparatı.	41
Şekil 3.17 : a) Pleksi kalıp b) Pleksi kalıbın rotora montajı.	42
Şekil 3.18 : Deney düzeneği.	42
Şekil 3.19 : Yük kademeleri.	43
Şekil 3.20 : 2'li, 4'lü, 6'lı gruplama Autocad tasarımı.	43
Şekil 4.1 : 2'li gruplama 0° vuruñtu momenti.....	46
Şekil 4.2 : 2'li gruplama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.	47
Şekil 4.3 : 2'li gruplama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	47
Şekil 4.4 : 2'li gruplama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	48
Şekil 4.5 : 2'li gruplama 0° giriş gücü ve verim değişimi.....	49
Şekil 4.6 : 2'li gruplama 2° vuruñtu momenti.....	49
Şekil 4.7 : 2'li gruplama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	50
Şekil 4.8 : 2'li gruplama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	50
Şekil 4.9 : 2'li gruplama 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	51
Şekil 4.10 : 2'li gruplama 2° giriş gücü ve verim değişimi.....	52
Şekil 4.11 : 2'li gruplama 4° vuruñtu momenti.....	53
Şekil 4.12 : 2'li gruplama 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	53
Şekil 4.13 : 2'li gruplama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	54
Şekil 4.14 : 2'li gruplama 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	55
Şekil 4.15 : 2'li gruplama 4° giriş gücü ve verim değişimi.....	56
Şekil 4.16 : 2'li gruplama 6° vuruñtu momenti.....	56
Şekil 4.17 : 2'li gruplama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	57
Şekil 4.18 : 2'li gruplama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	57
Şekil 4.19 : 2'li gruplama 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	58
Şekil 4.20 : 2'li gruplama 6° giriş gücü ve verim değişimi.....	59
Şekil 4.21 : 2'li gruplama 8° vuruñtu momenti.....	59
Şekil 4.22 : 2'li gruplama 8° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	60
Şekil 4.23 : 2'li gruplama 8° 3 Faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. ...	60
Şekil 4.24 : 2'li gruplama 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	61
Şekil 4.25 : 2'li gruplama 8° giriş gücü ve verim değişimi.....	62

Şekil 4.26 : 2'li gruplama 10° vuruñtu momenti.....	63
Şekil 4.27 : 2'li gruplama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	63
Şekil 4.28 : 2'li gruplama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	64
Şekil 4.29 : 2'li grup 10° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi.....	65
Şekil 4.30 : 2'li gruplama 10° giriş gücü ve verim değişimi.....	66
Şekil 4.31 : 2'li gruplama 12° vuruñtu momenti.....	66
Şekil 4.32 : 2'li gruplama 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	67
Şekil 4.33 : 2'li gruplama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	67
Şekil 4.34 : 2'li gruplama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	68
Şekil 4.35 : 2'li gruplama 12° giriş gücü ve verim değişimi.....	69
Şekil 4.36 : 2'li gruplama 14° vuruñtu momenti.....	69
Şekil 4.37 : 2'li gruplama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	70
Şekil 4.38 : 2'li gruplama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	70
Şekil 4.39 : 2'li gruplama 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	71
Şekil 4.40 : 2'li gruplama 14° giriş gücü ve verim değişimi.....	72
Şekil 4.41 : 2'li gruplama 16° vuruñtu momenti.....	73
Şekil 4.42 : 2'li gruplama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	73
Şekil 4.43 : 2'li gruplama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	74
Şekil 4.44 : 2'li gruplama 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	75
Şekil 4.45 : 2'li gruplama 16° giriş gücü ve verim değişimi.....	76
Şekil 4.46 : 2'li gruplama 18° vuruñtu momenti.....	76
Şekil 4.47 : 2'li gruplama 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	77
Şekil 4.48 : 2'li gruplama 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	77
Şekil 4.49 : 2'li gruplama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	78
Şekil 4.50 : 2'li gruplama 18° giriş gücü ve verim değişimi.	79
Şekil 4.51 : 2'li gruplama 20° vuruñtu momenti.....	79
Şekil 4.52 : 2'li gruplama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	80
Şekil 4.53 : 2'li gruplama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	80
Şekil 4.54 : 2'li gruplama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	81
Şekil 4.55 : 2'li gruplama 20° giriş gücü ve verim değişimi.....	82
Şekil 4.56 : 2'li gruplama 22° vuruñtu momenti.....	83
Şekil 4.57 : 2'li gruplama 22° 3 Faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. Kademe.....	83
Şekil 4.58 : 2'li gruplama 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe... ..	84
Şekil 4.59 : 2'li gruplama 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	85
Şekil 4.60 : 2'li gruplama 22° giriş gücü ve verim değişimi.....	85

Şekil 4.61 : 2'li gruptama hat gerilimi eğrisi.....	90
Şekil 4.62 : 2'li gruptama hat akımı eğrisi.....	90
Şekil 4.63 : 2'li gruptama gerilim harmoniği eğrisi.....	91
Şekil 4.64 : 2'li gruptama akım harmoniği eğrisi.....	91
Şekil 4.65 : 2'li gruptama çıkış gücü eğrisi.....	92
Şekil 4.66 : 2'li gruptama derecelere göre vurutu momenti değişimi.....	93
Şekil 4.67 : 2'li gruptama derecelere göre verim değişimi.....	93
Şekil 4.68 : 4'lü gruptama 0° vurutu momenti.....	94
Şekil 4.69 : 4'lü Gruptama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	95
Şekil 4.70 : 4'lü Gruptama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe..	95
Şekil 4.71 : 4'lü gruptama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	96
Şekil 4.72 : 4'lü gruptama 0° giriş gücü ve verim değişimi.....	97
Şekil 4.73 : 4'lü gruptama 2° vurutu momenti.....	97
Şekil 4.74 : 4'lü gruptama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	98
Şekil 4.75 : 4'lü gruptama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. ...	98
Şekil 4.76 : 4'lü gruptama 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	99
Şekil 4.77 : 4'lü gruptama 2° giriş gücü ve verim değişimi.....	100
Şekil 4.78 : 4'lü gruptama 4° vurutu momenti.....	101
Şekil 4.79 : 4'lü gruptama 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	101
Şekil 4.80 : 4'lü gruptama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe..	102
Şekil 4.81 : 4'lü grup 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	103
Şekil 4.82 : 4'lü gruptama 4° giriş gücü ve verim değişimi.....	104
Şekil 4.83 : 4'lü gruptama 6° vurutu momenti.....	104
Şekil 4.84 : 4'lü gruptama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	105
Şekil 4.85 : 4'lü gruptama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe..	105
Şekil 4.86 : 4'lü gruptama 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	106
Şekil 4.87 : 4'lü grup 6° giriş gücü ve verim değişimi.....	107
Şekil 4.88 : 4'lü gruptama 8° vurutu momenti.....	107
Şekil 4.89 : 4'lü gruptama 8° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	108
Şekil 4.90 : 4'lü gruptama 8° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe..	108
Şekil 4.91 : 4'lü gruptama 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	109
Şekil 4.92 : 4'lü grup 8° giriş gücü ve verim değişimi.....	110
Şekil 4.93 : 4'lü gruptama 10° vurutu momenti.....	111
Şekil 4.94 : 4'lü gruptama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	111
Şekil 4.95 : 4'lü gruptama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	112

Şekil 4.96 : 4'lü gruplama 10° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	113
Şekil 4.97 : 4'lü gruplama 10° giriş gücü ve verim değişimi.....	113
Şekil 4.98 : 4'lü gruplama 12° vuruuntu momenti.	114
Şekil 4.99 : 4'lü gruplama 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	114
Şekil 4.100 : 4'lü gruplama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	115
Şekil 4.101 : 4'lü gruplama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	116
Şekil 4.102 : 4'lü gruplama 12° giriş gücü ve verim değişimi.....	117
Şekil 4.103 : 4'lü gruplama 14° vuruuntu momenti.	117
Şekil 4.104 : 4'lü gruplama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	118
Şekil 4.105 : 4'lü gruplama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	118
Şekil 4.106 : 4'lü gruplama 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	119
Şekil 4.107 : 4'lü gruplama 14° giriş gücü ve verim değişimi.....	120
Şekil 4.108 : 4'lü gruplama 16° vuruuntu momenti.....	120
Şekil 4.109 : 4'lü gruplama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.	121
Şekil 4.110 : 4'lü gruplama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	121
Şekil 4.111 : 4'lü gruplama 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	122
Şekil 4.112 : 4'lü gruplama 16° giriş gücü ve verim değişimi.....	123
Şekil 4.113 : 4'lü gruplama 18° vuruuntu momenti.....	124
Şekil 4.114 : 4'lü gruplama 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	124
Şekil 4.115 : 4'lü gruplama 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	125
Şekil 4.116 : 4'lü gruplama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	126
Şekil 4.117 : 4'lü gruplama 18° giriş gücü ve verim değişimi.....	127
Şekil 4.118 : 4'lü gruplama 20° vuruuntu momenti.	127
Şekil 4.119 : 4'lü gruplama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	128
Şekil 4.120 : 4'lü gruplama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	128
Şekil 4.121 : 4'lü gruplama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi.....	129
Şekil 4.122 : 4'lü gruplama 20° giriş gücü ve verim değişimi.....	130
Şekil 4.123 : 4'lü gruplama 22° vuruuntu momenti.	130
Şekil 4.124 : 4'lü gruplama 22° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. Kademe.....	131
Şekil 4.125 : 4'lü gruplama 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	131

Şekil 4.126 : 4'lü graplama 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	132
Şekil 4.127 : 4'lü graplama 22° giriş gücü ve verim değişimi.....	133
Şekil 4.128 : 4'lü graplama hat gerilimi eğrisi.	138
Şekil 4.129 : 4'lü graplama hat akımı eğrisi.....	138
Şekil 4.130 : 4'lü graplama gerilim harmoniği eğrisi.....	139
Şekil 4.131 : 4'lü graplama akım harmoniği eğrisi.	139
Şekil 4.132 : 4'lü graplama çıkış gücü eğrisi.	140
Şekil 4.133 : 4'lü graplama vuruuntu moment değişimi.	141
Şekil 4.134 : 4'lü graplama verim değişimi.	141
Şekil 4.135 : 6'lü graplama 0° vuruuntu momenti.	142
Şekil 4.136 : 6'lü graplama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	143
Şekil 4.137 : 6'lü graplama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. 143	
Şekil 4.138 : 6'lü graplama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	144
Şekil 4.139 : 6'lü graplama 0° giriş gücü ve verim değişimi.....	145
Şekil 4.140 : 6'lü graplama 2° vuruuntu momenti.	145
Şekil 4.141 : 6'lü graplama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	146
Şekil 4.142 : 6'lü graplama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. 146	
Şekil 4.143 : 6'lü graplama 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	147
Şekil 4.144 : 6'lü graplama 2° giriş gücü ve verim değişimi.....	148
Şekil 4.145 : 6'lü graplama 4° vuruuntu momenti.	149
Şekil 4.146 : 6'lü graplama 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	149
Şekil 4.147 : 6'lü graplama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. 150	
Şekil 4.148 : 6'lü graplama 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi.....	151
Şekil 4.149 : 6'lü graplama 4° giriş gücü ve verim değişimi.....	152
Şekil 4.150 : 6'lü graplama 6° vuruuntu momenti.	152
Şekil 4.151 : 6'lü graplama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	153
Şekil 4.152 : 6'lü graplama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. 153	
Şekil 4.153 : 6'lü graplama 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	154
Şekil 4.154 : 6'lü graplama 6° giriş gücü ve verim değişimi.....	155
Şekil 4.155 : 6'lü graplama 8° vuruuntu momenti.	155
Şekil 4.156 : 6'lü graplama 8° 3 faz gerilim eğrisia) Yüksüz b) 5. kademe.....	156
Şekil 4.157 : 6'lü graplama 8° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe. 156	
Şekil 4.158 : 6'lü graplama 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	157
Şekil 4.159 : 6'lü graplama 8° giriş gücü ve verim değişimi.....	158
Şekil 4.160 : 6'lü graplama 10° vuruuntu momenti.	159

Şekil 4.161 : 6'lı gruptama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.	159
Şekil 4.162 : 6'lı gruptama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	160
Şekil 4.163 : 6'lı gruptama 10° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	161
Şekil 4.164 : 6'lı gruptama 10° giriş gücü ve verim değişimi.....	162
Şekil 4.165 : 6'lı gruptama 12° vuruñtu momentini.	162
Şekil 4.166 : 6'lı gruptama 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.	163
Şekil 4.167 : 6'lı gruptama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	163
Şekil 4.168 : 6'lı gruptama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	164
Şekil 4.169 : 6'lı gruptama 12° giriş gücü ve verim değişimi.....	165
Şekil 4.170 : 6'lı gruptama 14° vuruñtu momentini.	165
Şekil 4.171 : 6'lı gruptama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	166
Şekil 4.172 : 6'lı gruptama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	166
Şekil 4.173 : 6'lı gruptama 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	167
Şekil 4.174 : 6'lı gruptama 14° giriş gücü ve verim değişimi.....	168
Şekil 4.175 : 6'lı gruptama 16° vuruñtu momentini.	169
Şekil 4.176 : 6'lı gruptama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	169
Şekil 4.177 : 6'lı gruptama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	170
Şekil 4.178 : 6'lı gruptama 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi.....	171
Şekil 4.179 : 6'lı gruptama 16° giriş gücü ve verim değişimi.....	172
Şekil 4.180 : 6'lı gruptama 18° vuruñtu momentini.	172
Şekil 4.181 : 6'lı gruptama 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	173
Şekil 4.182 : 6'lı gruptama 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	173
Şekil 4.183 : 6'lı gruptama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	174
Şekil 4.184 : 6'lı gruptama 18° giriş gücü ve verim değişimi.....	175
Şekil 4.185 : 6'lı gruptama 20° vuruñtu momentini.	175
Şekil 4.186 : 6'lı gruptama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	176
Şekil 4.187 : 6'lı gruptama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	176
Şekil 4.188 : 6'lı gruptama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	177
Şekil 4.189 : 6'lı gruptama 20° giriş gücü ve verim değişimi.....	178
Şekil 4.190 : 6'lı gruptama 22° vuruñtu momentini.	179

Şekil 4.191 : 6'lı grupta 22° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.....	179
Şekil 4.192 : 6'lı grupta 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.	180
Şekil 4.193 : 6'lı grupta 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi	181
Şekil 4.194 : 6'lı grupta 22° giriş gücü ve verim değişimi.	181
Şekil 4.195 : 6'lı grupta hat gerilimi eğrisi.	186
Şekil 4.196 : 6'lı grupta hat akımı eğrisi.....	186
Şekil 4.197 : 6'lı grupta gerilim harmoniği eğrisi.....	187
Şekil 4.198 : 6'lı grupta akım harmoniği eğrisi.	187
Şekil 4.199 : 6'lı grupta çıkış gücü eğrisi.	188
Şekil 4.200 : 6'lı grupta derecelere göre vuru momentini değişimi.	189
Şekil 4.201 : 6'lı grupta derecelere göre verim değişimi.	189
Şekil 4.202 : Tüm grupta hat gerilimi kıyaslama grafiği.	190
Şekil 4.203 : Tüm grupta hat akımı kıyaslama grafiği.....	190
Şekil 4.204 : Tüm grupta gerilim harmoniği kıyaslama grafiği.....	191
Şekil 4.205 : Tüm grupta akım harmoniği kıyaslama grafiği.	192
Şekil 4.206 : Tüm grupta çıkış gücü kıyaslama grafiği.	192
Şekil 4.207 : Tüm grupta vuru momentini kıyaslama grafiği.	193
Şekil 4.208 : 2'li grupta Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması. 194	
Şekil 4.209 : 4'lü grupta Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması.	194
Şekil 4.210 : 6'lı grupta Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması. 195	
Şekil 5.1 : 0'lı grup 0 dereceye göre vuru momentini kıyaslama.....	199
Şekil 5.2 : 0'lı grup 0 dereceye göre THd_U kıyaslama.	200
Şekil 5.3 : 0'lı grup 0 dereceye göre çıkış gücü kıyaslama.	201

EKSENEL AKILI SÜREKLİ MIKNATISLI GENERATÖRLERDE MIKNATIS AÇISI VE GRUPLAMA TEKNİĞİNİN VURUNTU MOMENTİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Günümüzde enerjiye olan ihtiyacın giderek artması, enerjinin üretim aşamasından başlayarak her alanda verimli olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerin kompakt yapısı, yüksek güç yoğunluğu, kullanım alanına uygun düşük boyut ve ağırlıkta tasarlanabilme olanağı, enerji kayıplarının azlığı gibi avantajları bulunmaktadır. Rotor ve stator, generatörleri oluşturan temel parçalar olup disk yapıya sahiptir. Tek rotor-tek stator yapılı, tek rotor-çift stator veya çift rotor-tek stator yapılı ve multi disk yapıda çoklu rotor-çoklu stator yapılı şekilde oluşmaktadır.

Eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerin yapısındaki sürekli mıknatıslar ek uyartım ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve verim üzerinde olumlu etki yaratmaktadır. Avantajlarının yanı sıra rotor ve stator etkileşimi sonucu meydana gelen vuruğu momenti bir dezavantaj oluşturmaktadır. Mıknatıslar aracılığıyla oluşan vuruğu momenti generatörde moment dalgalanması, gürültü ve titreşim meydana getirmektedir. Vuruğu momenti ile makine performansı ve verimliliği arasında önemli bir ilişki vardır. Vuruğu momentini azaltmak için rotor ve stator taraflarında kullanılan farklı teknikler mevcuttur. Stator tarafında kullanılan teknikler kaydırılmış oluklar, yardımcı oluklar ve farklı oluk aralıklarıdır. Bu yöntemler yüksek maliyet ve zorlu üretim koşulları nedeniyle yerini rotor tarafındaki tekniklere bırakmaktadır. Rotor tarafında mıknatıs açısı uygulanması (yerleştirme açısı), rotorun kaydırılması ve mıknatıs gruplama tekniği uygulanabilecek yöntemlerdir.

Bu çalışma ile eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerde mıknatıs açısının ve gruplama tekniğinin vuruğu momenti üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mıknatıs açısı ve gruplama teknikleri birlikte kullanılarak hibrid bir yöntem önerilmiştir.

Mıknatıslara gruplama ve yerleştirme açısı verme teknikleri uygulanarak mıknatıslar 2'li, 4'lü 6'lı şekilde her grup arasında 30 derecelik açı olacak şekilde gruplama açısı belirlenmiş ve her dikdörtgen tip mıknatısa 0°'den 22°'ye kadar kendi eksenini etrafında yerleştirme açısı verilmiştir. Bu yöntemler ile tasarımın uygulanmasında hat akımı, hat gerilimi, akım harmoniği, gerilim harmoniği, çıkış gücü, verim ve vuruğu momenti değerleri deneysel olarak elde edilerek yorumlanmıştır. 3D Maxwell Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) ile optimum vuruğu momenti analizi yapılmıştır.

Elde edilen değerler ışığında eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörde 2'li, 4'lü, 6'lı mıknatıs gruplamaları için optimum mıknatıs açısı belirlenmiştir. Mıknatıs gruplama sayısı ve mıknatıs yerleştirme açı derecesi arttıkça generatörün performansında iyileşme olduğu görülmüştür. Mıknatıs gruplaması arttıkça yerleştirme açı derecesinin azalarak optimum değerlerin elde edildiği görülmüştür. 2'li gruplama 16°, 4'lü

graplama 12°, 6'lı graplama 8° de optimum mıknatıs yerleştirme açısı olduğu bulunmuştur.

THE EFFECT OF MAGNETIC ANGLE AND GROUPING TECHNIQUE ON COGGING TORQUE IN AXIAL FLUX PERMANENT MAGNET GENERATORS

SUMMARY

Increasing need for energy today requires energy to be used efficiently in every field starting from the production phase. “Axial Flux Permanent Magnet Generators” are frequently used in industrial workplaces. Axial flux permanent magnet generators have advantages such as compact structure, high power density, low size and weight that can be designed for use, and low energy losses. Rotor and stator are the basic parts that make up the generators and they have a disc structure. It consists of single rotor-single stator structure, single rotor-double stator or double rotor-single stator structure and multi-disc structure, multiple rotor-multiple stator structure.

Permanent magnets in the structure of axial flux permanent magnet generators eliminate the need for additional stimulation and have a positive effect on efficiency. In addition to its advantages, the knock moment caused by the rotor and stator interaction creates a disadvantage. The knock moment generated by magnets creates moment fluctuation, noise and vibration in the generator. There is an important relationship between the knock moment and machine performance and efficiency. There are different techniques used on the rotor and stator sides to reduce the knock moment. Techniques used by the stator are shifted grooves, auxiliary grooves and different groove spacing. These methods are replaced by the techniques on the rotor side due to the high cost and difficult production conditions. Techniques used by the stator are shifted grooves, auxiliary grooves and different groove spacing. Applying magnet angle (slide) on the rotor side, shifting the rotor and magnet grouping are methods that can be applied.

In this study, it is aimed to determine the effect of magnet angle and grouping technique on knock moment in axial flux permanent magnet generators. The application of magnet angle and grouping techniques together is the difference of the study. Magnets are grouped in a 2, 4, 6, and 30 degree angle between each group by applying grouping and skimming techniques, and each magnet is lost around its axis from 0° to 22° . In the application of the design with these methods, the values obtained by measuring the line current, line voltage, current harmonic, voltage harmonic, output power, efficiency and knock moment values are shown and interpreted graphically. Optimum knock moment analysis was performed by 3D Maxwell Finite Element Method. In the light of the obtained values, the optimum magnet angle has been determined for 2, 4 and 6 magnet groupings in the axial flux permanent magnet generator.

As the number of magnet grouping and magnet slip degree increased, the performance of the generator was improved. As magnet grouping increases, it is seen that the degree of loss decreases and optimum values are obtained. It was found that optimum grouping angle of magnet was found in 2 grouping 16° , 4 grouping 12° , 6 grouping 8° .

1. GİRİŞ

Günlük hayatta ve endüstriyel sistemlerde çoğunlukla kullanılan yenilenemeyen enerji kaynaklarının çevre ve insanlar üzerinde oluşturduğu zararlı etki, küresel ısınmanın artmasında bir etken olması ve gün geçtikçe enerjiye olan ihtiyacın çoğalması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı doğurmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları doğal çevre unsurlarına ait olan rüzgar, güneş, su gibi kaynakların kullanılması ile elde edilmektedir. Bu sürdürülebilir enerjiyi en etkili ve verimli şekilde elde edebilmek ve maliyet etkili olmasını sağlamak için makinenin tasarımında sabit mıknatısların kullanımı tercih edilmektedir.

Sabit mıknatıslı senkron makineler dayanıklı ve güvenilir yapıdadırlar. Makine yapısındaki sürekli mıknatıslar ek uyartım ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve verim üzerinde olumlu etki sağlamaktadır. Bu makineler hava aralığı akı durumuna göre eksenel ve radyal akılı olarak gruplandırılır.

Eksenel akılı sabit mıknatıslı (EASM) makineler disk yapıda olup rotoru ve statoru bu makineyi oluşturan temel parçalardır. Tek rotor-tek stator yapılı, tek rotor-çift stator veya çift rotor-tek stator yapılı ve multi disk yapıda çoklu rotor-çoklu stator yapılı şekilde oluşmaktadır. EASM makinelerin tercih sebepleri arasında kompakt yapısı ve güç yoğunluğu sayılabilir. Mıknatıs sayısı değiştirilerek düşük hızda yüksek moment elde edilmektedir. Güçlü mıknatıslar ve mıknatıs konumlandırması ile makine kullanım yerine daha uygun, küçük boyutta ve daha düşük ağırlık ve hacimde tasarımlar yapılmaktadır.

EASM makinelerin mıknatıslı yapısı nedeniyle rotorda bulunan sabit mıknatıslarla ve statorda yer alan olukların arasındaki etkileşim istenmeyen bir durum olan vuruğu momentini oluşturmaktadır. Rotoru yapılan etki sonucunda mıknatıslar aracılığıyla meydana gelen bu durum düşük hızlarda gürültü, titreşim ve moment dalgalanmasına sebep olmaktadır. Çıkış momenti ile makine performansının birbiri ile doğru orantılı ilişki kurması moment değerinin makine üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Vuruğu momentini azaltmak için rotor ve stator taraflarında kullanılan farklı

teknikler mevcuttur. Stator tarafında kullanılan teknikler kaydırılmış oluklar, yardımcı oluklar ve farklı oluk aralıklarıdır. Bu yöntemler yüksek maliyet ve zorlu üretim koşulları nedeniyle yerini rotor tarafındaki tekniklere bırakmaktadır. Rotor tarafında mıknatıs yerleştirme açısı uygulanması, rotorun kaydırılması ve mıknatıs gruplandırması uygulanabilecek yöntemlerdir.

Bu çalışma ile eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerde mıknatıs açısının ve gruplama tekniğinin bir arada kullanılarak hibrid yapılı bir yöntemin vuruğu momenti üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mıknatıslara gruplama ve mıknatıs yerleştirme açısı teknikleri uygulanarak mıknatıslar 2'li, 4'lü 6'lı şekilde her grup arasında 30 derecelik açı olacak şekilde gruplanmış ve her mıknatısa 0°'den 22°'ye kadar kendi ekseni etrafında mıknatıs yerleştirme açısı verilmiştir. Bu yöntemlerin hat akımı, hat gerilimi, akım harmoniği, gerilim harmoniği, çıkış gücü, verim ve vuruğu momenti üzerine etkisini araştırmak amaçlanmıştır 3D Maxwell Sonlu Elemanlar Yöntemi ile tasarım yüzeyindeki manyetik akı dağılımı ve vuruğu momenti değerleri incelenmiştir.

Çalışmanın giriş bölümünde konuyla ilgili kısaca bilgi sunulmuş, amaç ve yöntem açıklanmış ve yapılan literatür çalışması verilmiştir.

İkinci bölümde elektrik makinelerinden olan sabit mıknatıslı senkron makinelerin avantaj ve dezavantajları, uygulama alanları, çeşitlerinden olan Radyal akılı ve Eksenel akılı SMSM'ların genel yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Eksenel akılı sürekli mıknatıslı senkron makinelerin performansını etkilemede en önemli unsur kabul edilen vuruğu momentinden ve vuruğu momentinin azaltılması için yapılabilecek yöntemlerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde yapılan çalışma da kullanılan eksenel akılı sürekli mıknatıslı senkron generatörün tasarımı, kullanılan malzemelerin tanıtımı ve 3D Maxwell Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analiz sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, test düzeneğinden elde edilen deneysel sonuçlar ve genel değerlendirmeye yer verilmiştir.

Beşinci bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

1.1. Literatür Araştırması

Eksenel akılı generatörlerin ilk olarak 1831'de Faraday tarafından tasarlanması ve 1889'da Tesla tarafından prototipinin oluşturulması eski zamanlara dayandığını göstermektedir. Yine 1830'larda Faraday tarafından sürekli mıknatıslı tasarımı gerçekleştirilse de geçmiş dönemlerde var olan mıknatıs özelliklerinin yetersiz kalması kullanımını kısıtlamıştır. NdFeb sürekli mıknatıs çeşidinin keşfedilmesi eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerin kullanımını kolaylaştırmış ve tercih edilirliliğini arttırmıştır. Son zamanlarda eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörler ve vuruuntu momenti ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar bu başlık altında incelenmiştir.

Ayçiçek Eksenel akılı sürekli mıknatıslı makinelerde vuruuntu momentini azaltmak için rotor tarafında uygulanabilecek yöntemleri kullanarak vuruuntu momenti ve moment dalgalanmasını 3D SEY programı ile analiz etmiştir. Farklı rotor yapılarını kullanarak yeni makine tasarlamış ve makine tasarımında kullanılan rotor yapılarının moment üzerinde etkisi olduğunu belirlemiştir (Ayçiçek, 2012).

Zeka NN tip EASM alternatörün performansını etkileyen faktörleri ve en uygun vuruuntu momentini azaltıcı teknikleri belirlemek amacıyla Maxwell programını kullanarak modelleme ve manyetik analiz yapmıştır. Farklı hava aralığı ve mıknatıs açısı kullanarak optimum analiz değerlerini elde etmiştir (Zeka, 2016).

Çolak deneysel çalışma ile mıknatıs gruplama tekniğini kullanarak vuruuntu momentinin açık oluklu EASM alternatörde performans üzerine etkisini ortaya koymuştur. Mıknatıs gruplama sayısı çoğaldıkça gruplamalar arasındaki açı değerinin azalması gerektiğini ve en uygun açığı belirlemiştir (Çolak, 2019).

Öksüztepe ve Kürüm SMSM'larda oluşan moment dalgalanmasını azaltmada rotor ve stator arasında oluşacak zıt emk'yı modellemek için SEY ile akı analizi yapmıştır. Tavsiye edilen uygulama Matlab Simulink programı kullanılarak denenmiştir (Öksüztepe ve Kürüm, 2009).

Sayed sürekli mıknatıslı makinelerde vuruuntu momentini azaltmak için makinenin stator ve rotor tasarımını üzerinde çeşitli değişiklikler yaparak her birinin vuruuntu

etkisini ölçmüştür. Elde edilen sonuçlar ile JMAG programında yapılan benzetimler karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine uyumlu olduğu bulunmuştur. (El Sayed, 2017)

Aksöz SMSM motor sisteminde vuruğu momenti ve toplam harmonik değerlerini azaltmak için model tasarımı oluşturmuş ve rotorun konumlandırılmasına göre performans karşılaştırmaları yapılmıştır. En düşük vuruğu momentinin elde edildiği motor tasarımı belirlenmiştir. 3 fazlı şebeke bağlantılı sürücü tasarımı için modellemelerde bulunmuş ve deney ile modelleme sonuçları değerlendirilmiştir (Aksöz, 2018).

Adam SMSM’larda üç farklı kontrol algoritmaları kullanarak moment değişimleri ve ortaya çıkan gürültünün en aza indirilmesi için Matlab programı ile simülasyon oluşturmuştur. Simülasyon değerlerini deney sonuçlarında elde ettiği harmonik akım ile gürültü değerlerinde düşüş ve moment değişimindeki iyileşme ile kanıtlamıştır (Adam, 2007).

Hüner aksenel akılı nüveli oluksuz ve nüveli açık oluklu makine özellikleri taşıyan hibrid yapıda motor tasarımı yapmış ve vuruğu momentini azaltıcı yöntemler kullanmıştır. Toroidal sargılı NN tip EASM’nin performansında gelişim elde edilerek tasarımsal açıdan endüstriyel alanlarda sıklıkla kullanılabileceğini belirlemiştir (Hüner, 2018).

Bayraktar elektrik makinelerindeki silisli sacları çeşitli dört teknik kullanarak kesmiş ve kesim tekniklerinin yarattığı kayıpların makine üzerindeki performans ve verimliliğini incelemiştir (Bayraktar, 2015).

Aydın aksenel akılı sabit mıknatıslı makinelerde vuruğu momentini azaltıcı maliyet ve üretim etkili yeni yöntemler önermiş ve bu yöntemlerin 3D SEY ile performans analizini yapmıştır (Aydın, 2007).

Aydın EASM makinelerde mıknatıslara değişik kaykık verme tekniklerinin vuruğu momenti üzerine etkisini araştırmıştır. Yöntemlerin vuruğu momentine ve motor performansına etkisini 3D SEY ile değerlendirmiş ve kaykık verme yöntemlerinin iyileşmeler üzerindeki oransal değerlerini ortaya koymuştur (Aydın, 2008).

Aydın, Ocak ve Albaş'ın çalışmasında sabit mıknatıslı motorun oluk ve kutup sayılarında değişiklik yapılarak, analizler doğrultusunda doğrudan sürürlü beyaz eşya kullanımına uygun optimum tasarıma karar verilmiş ve tasarımın prototipi oluşturulacak hale getirilmiştir (Aydın ve diğ 2012).

Çetin ve Daldaban eksenel akıllı sabit mıknatıslı motor tasarımı yaparak süreç akış şeması oluşturmuştur (Çetin ve Daldaban, 2014).

Çetin ve Daldaban eksenel akıllı oluklu makinelerin seri üretim sistemi ile üretilmesi sonucu statorda ortaya çıkan üretim hatalarını ve hatalardan dolayı statorda oluşan moment değişimlerine etkilerini değerlendirmiştir (Çetin ve Daldaban ,2017).

Çetin ve Daldaban EASM motorların rotoruna vuruş momenti azaltıcı tekniklerden olan mıknatıslara kayk ve adım verilmesi ile zıt EMK dalgasının sinüse yaklaştırılması sonucunda oluşan moment dalgalanmalarını karşılaştırmış ve sinüse yaklaşmanın moment azaltımını sağladığını elde etmiştir (Çetin ve Daldaban, 2018).

Tran, Nguyen ve Duong EASM motorun dönme hızını arttırmak için rotorun manyetik akısını azaltacak ters akım vererek dönüş hızını artırma tekniği önermiştir (Tran ve diğ, 2017).

Kurt ve Önbilgin hava aralığı akısına dikkat ederek EASM motor tasarımında Taguchi tekniğini kullanarak deneysel çalışma yapmıştır. SEY ile sayısal hesaplamalarda bulunmuştur (Kurt ve Önbilgin, 2009).

Çelikdemir ve Özdemir EASM senkron generatör kullanarak rüzgar türbini tasarımı oluşturmuş ve üç farklı hızda rüzgar uygulanması ile güç yoğunluğu belirlenmiştir. Çalışmada Matlab programı yardımıyla rüzgar hızı, moment, akım, gerilim, frekans, harmonik değerleri elde edilmiştir. (Çelikdemir ve Özdemir, 2013).

Kılıç ve Kuyumcu SMSM'lerde yük özelliklerine bağlı incelemeler yapmıştır. Motor üzerinde yapılan benzeşim çalışmaları sonucunda verimlilik, akım yük moment ilişkisi, kayıplar üzerinde grafiksel veriler elde etmiştir. Kayıp minimizasyonu ile en fazla verimin alındığı sonucuna ulaşılmıştır (Kılıç ve Kuyumcu, 2014).

Şenlik, Önbilgin ve Copcuoğlu asenkron motor üzerinde yaptığı çalışmada kütle rotora sahip olan motorda akı yoğunlukları ve manyetik alan dalgalanmalarını belirlemiş ve

başarım durumunu değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular iki bilgisayar yazılımlı program ile denetlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak uygulanan benzetim tekniklerinin motor tasarımında kullanılabilir olduğu görülmüştür (Şenlik ve diğ, 2011).

Ünsal ve Karakaya 3 faza ve 4 mıknatıs kutbuna sahip asenkron motorda kırık rotor parçalarının yarattığı hata durumunu Maxwell bilgisayar programını kullanarak 2D ve 3D olarak simüle etmiştir. Kırık ve sağlam rotor değerleri 2D simüle ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. 3D simüle ile yapılan değerlendirmeler sonucunda rotorda arıza varlığının belirlenmesinde statorda oluşan akım değeri incelenmesinin etkili olduğu belirlenmiştir. Manyetik akımın kırık rotor parçası çevresinde yoğunluk gösterdiği tespit edilmiştir (Ünsal ve Karakaya, 2015).

Demirbaş ve arkadaşları RSAM'lerde rotor direncine bağlı olarak meydana gelen tork ve hız parametrelerini deneysel çalışma ile incelemiştir (Demirbaş ve diğ, 2008).

Sakarya SMSM'lerde alan yönlendirmeli kontrol tekniğini kullanarak kontrol sistemi kapalı çevrim olacak şekilde geri besleme elemanlarından elde edilen verilerle kontrolün sağlandığı motor tasarımı yapmış ve uygulamıştır (Sakarya, 2009).

Lee ve Jung eksenel akılı sabit mıknatıslı generatörlerin elektromanyetik tasarımını inceleyerek mıknatıslara eğim verme ve stator yer değiştirme tekniklerini kullanarak moment azaltma çalışmasında bulunmuştur. Deneysel çalışmanın analizinde 3D sonlu elemanlar analizinden yararlanmıştır (Lee ve Jung, 2013).

Ashraf ve Nadeem Malik eksenel akılı sabit mıknatıslı generatörlerde çok aşamalı model tasarlamıştır. Tasarım üzerinde 4 farklı uygulama yapılmış ve analiz edilmiştir. 1200 W çok aşamalı eksenel akılı sabit mıknatıslı generatör prototipi üretilmiştir. Yapılan testler rüzgar türbini için uygun bir model olarak önerilmiştir (Ashraf ve Nadeem Malik, 2017).

Eldoromi ve arkadaşları düşük moment hareketliliğinin tercih edildiği küçük boyutlu rüzgar türbinleri için eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatör tasarımı yapmışlardır. Tasarım tek rotor tek stator yapıda olup Flux 11.2 yazılımı kullanılmış ve rüzgar hız değişimlerine bağlı olarak hava boşluğu değişimlerinin oluşturduğu etkiler incelemiştir (Eldoromi ve diğ, 2018).

Prasetijo ve arkadaşları tek fazlı radyal akılı sabit mıknatıslı generatör modelinde hava boşluğu akı yoğunluğunun stator boyutuna göre etkisini araştırmıştır. Stator sargı telinin çapı azaldığında akı yoğunluğundaki azalmanın daha yüksek olduğunu gözlemiştir. Tasarımda Autocad yazılımından ve analizinde Sonlu Elemanlar Yönteminden yararlanılmıştır (Prasetijo ve diğ, 2019).

You ve arkadaşları dağıtılmış sargılı eksenel akılı sürekli mıknatıslı senkron generatörde harmonik bozulmayı azaltmak amacıyla deneysel çalışma yapmıştır. 3D SEY analizi ile deney sonuçları analiz edilmiş ve elde edilen bulguların analiz sonuçları ile tutarlı olduğu bulunmuştur (You ve diğ, 2010).

Ahmed ve Ahmad rüzgar türbinlerinde kullanılmak üzere doğrudan tahrik sistemine sahip eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatör tasarım geliştirmiştir. Çalışma ile rüzgar enerjisi verimliliğinin artırılması istenmiştir. MATLAB yazılımı ile elde edilen benzetim sonuçları mevcut generatör tasarımları ile karşılaştırılmış ve onlara göre avantaj sağladığı görülmüştür (Ahmed ve Ahmad, 2013).

Sonuç olarak literatürde yer alan çalışmalar farklı tasarımlı EASM senkron generatörlerin vuru mu momenti üzerine etkisi şeklindedir. EASM senkron generatörler mıknatıslı yapısı nedeniyle rotorda bulunan sabit mıknatısları ve statorda yer alan olukları arasındaki etkileşim sonucunda istenmeyen bir durum olan vuru mu momentini oluşturmaktadır. Vuru mu momentinin giderilmesi için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlar; çeşitli rotor ve stator yapıları, farklı hava aralıkları, mıknatıs gruplama teknikleri, rotor ve stator konumlandırılması, kontrol algoritmaları, silisli sac kesimi teknikleri, değişik kaykık teknikleri, motor dönme hızı, yük kademelerinin özellikleri, stator ve rotorun üretim hataları üzerinedir. Ancak literatür incelendiğinde EASM senkron generatörlerde mıknatıs yerleştirme açısı ve gruplama tekniğinin hibrid yapıda vuru mu momenti üzerine etkisinin araştırıldığı çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada EASM senkron generatörlerde mıknatıs açısı ve gruplama tekniğinin vuru mu momenti, gerilim harmoniği, akım harmoniği, çıkış gücü ve verim üzerine etkisi deneysel olarak test edilmiştir.

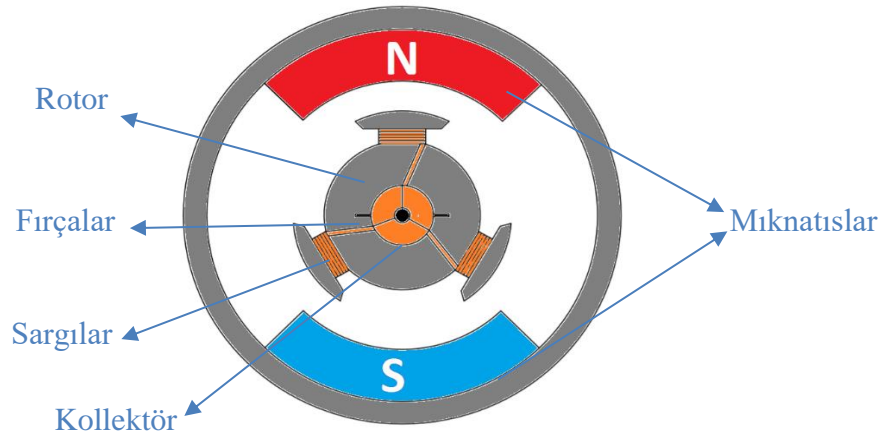
2. ELEKTRİK MAKİNELERİ

Sanayi ile ilgili çalışmalarda elektrik makinelerinden sıklıkla yararlanılmaktadır. Enerji çevirimi kritik görev üstlendiklerinden endüstride büyük öneme sahiptirler. Enerji verimliliğinin sağlanması için en uygun makinenin kullanılmasına karar verilmesi gerekmektedir. Elektrik makineleri kullanılan birimlere göre çeşitlilik göstermektedir (Bayraktar, 2015)

Elektrik makineleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviriyorsa alternatör; elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviriyorsa motor olarak isimlendirilir. Eğer her iki enerji çevirimi gerçekleştiriyorsa motor yada alternatör şeklinde işlev sağlar. Bu makinelerin neredeyse tamamı manyetik alan devriminde enerji çevirimi gerçekleştirir (Chapman, 2013).

2.1. Doğru Akım Makineleri

Doğru akım makineleri fiziki yapısı itibariyle hareketli kısım (rotor), sabit kısım (stator), yatak, kapak, fırça ve kolektörden oluşur. Stator makine için fiziksel destek ve manyetik akı için yol oluşturan parçalardan, kutup parçaları ve gövdeden oluşur. Stator manyetik alanın meydana gelmesini sağlar. Rotorda mekanik enerji oluşur. Rotora yakın kutup parçalarının uçları rotor yüzeyindeki akıyı rotor yüzeyine aynı ölçüde dağıtır (Chapman, 2013).



Şekil 2.1 : DC makine.

Fırçalar, genelde bakır karışımlardan oluşan, dış devrede bulunan akımın rotora aktarımını sağlayan ve aşınmayı minimize eden parçalardır. Kollektörler ise rotora gerilimin aktarımını sağlayan ve fırçalarla temas halinde bulunan parçalardır.

DA makinelerinde önemli kısımlardan olan yataklar rotorun kolay ve gürültüsüz dönmesine yardımcı olur. Arızaların önüne geçilmesi için bu alanların düzenli bakıma ihtiyacı vardır.

DA makineleri, fırçasız ve fırçalı olarak ikiye ayrılırken kendi içlerinde de fırçasız makineler uyartım şekillerine göre seri, şönt ve kompant olmak üzere üçe ayrılır. Fırçalı DA makinelerinin ise sabit mıknatıslı ve elektromıknatıslı şekilleri vardır.

Şönt makineler, uyartım sargısı ve motorun hareketli kısmı birbirine paralel bağlantı kurarlar. Uygulamada sıklıkla tercih edilirler. Bu makineler düşük kalkınma momentine sahip oldukları için fazla yük gerektiren kullanım alanlarında verimsizdir (Bayraktar, 2015).

Seri makinelerde, uyartım sargısı ve motorun hareketli kısmı birbirine seri bağlantı kurarlar. Tüm akım uyartım sargısından geçtiği için dönen kısımdaki akımın artışı uyartım akımını artırır. Bu makineler yüksek kalkınma momentine sahip oldukları için elektrikli ve motorlu araçlar gibi yüksek momente ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılır.

Kompant makineler, üzerinde seri ve şönt sargının beraber bulunarak oluşturduğu bir makine çeşitidir. İki makine tipinde özelliklerini gösterir. Devir sayısı içinde bulunan dirençlerle düzenlenebilir (Bayraktar, 2015).

2.2. Alternatif Akım Makineleri

AA ile beslenerek manyetik döner alan meydana getiren elektrik makinelerinde, stator-hareketli alanın gerçekleştirdiği devir sayısı ile rotor-sabit alanın gerçekleştirdiği devir sayısı birbirine eş ise senkron (eşlemeli) makine, devir sayısı farklı ise asenkron (eşlemesiz) makine olarak adlandırılır.

2.2.1. Asenkron makineler

Asenkron motor, alternatif akım motor türünden olup rotorun ihtiyacı olan gücü elektromanyetik indüksiyon ile iletir. Bu nedenle indüksiyon motor şeklinde de isimlendirilebilmektedir. Rotorun statordan daha düşük hızda dönmesi uyumsuz yani asenkron motor olarak adlandırılmasının sebebidir. Asenkron makinenin hızı da senkron makinelere göre daha azdır.

Bu makineler yapısal olarak; rotor, stator, gövde ve kapaklardan oluşur. Uygun koşullar olduğunda generatör olarak çalıştırılabilse de piyasada yaygın şekilde motor olarak kullanılmaktadır.

Asenkron makineler yapısal olarak basit, sağlam, düşük maliyet ve bakım ihtiyacı gibi özelliklere sahiptir (Ünsal ve Karakaya, 2015). Çalışma şartlarının zorluğuna rağmen çıkarttığı sorunlar azdır. Olası arızaların büyümeden saptanabilmesi bilhassa gücü ve önemi yüksek motorlarda beklenmedik aksaklıkların önüne geçerek verimliliğin sağlanmasında, bakım ve iş gücü kayıplarının azaltılmasında ve kaliteli ürün elde edilmesinde önemli olmaktadır (Koca ve Ünsal, 2017). Ancak bu motorun rotorunda meydana gelen girdap akım (Eddy akım) güç kaybettirerek ısı artışı ve verim kayıplarına neden olmaktadır (Şenlik ve diğ, 2011).

Asenkron makineler faz sayısına (bir – üç fazlı), yapısına (sincap kafesli – bilezikli), yapı tipine (açık – kapalı – flanşlı), çalışma şekillerine (yatık – dik) ve rotorun yapılışına (yüksek rezistanslı- alçak rezistanslı – yüksek reaktanslı – rotoru çift sincap kafesli) göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (Demirbaş ve diğ, 2008).

Asenkron makinenin avantajları şunlardır (Koca ve Ünsal, 2017; Üstünel, 2012).

- Bakım ihtiyacı azdır.
- Sade ve kolay bir yapıya sahiptir.
- Diğer elektrik alternatörlerine göre daha hesaplı ve dayanıklıdır.
- Çalışma sırasında ark\kıvılcım oluşturmazlar.
- Yükteyken devir sayılarında fazla değişme olmaz.

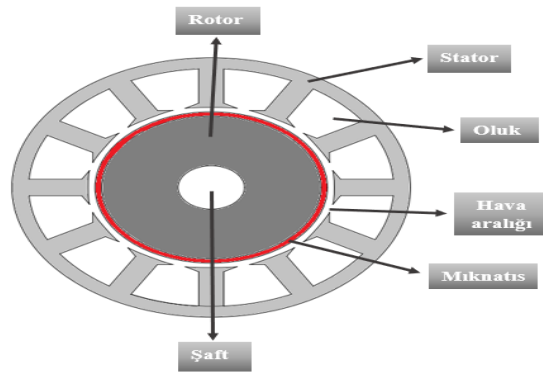
- Farklı makine yüklerine hızlıca uyum sağlayabilir.
- Düşük elektriksel güçlerden çok yüksek güçlere kadar üretilebilir.
- Çeşitli fazlarda üretilebilir.

2.2.2. Sürekli mıknatıslı senkron makineler (SMSM)

Senkron sözcüğü Amerikalı matematikçi ve elektrik mühendisi Charles Proteus Steinmetz tarafından, ilk kez eş zamanlı anlamında kullanılmıştır. Yapısal olarak senkron motor ve alternatörü birbirinden ayıran farklılık bulunmamaktadır. Senkron makinede mekanik enerji, elektrik enerjisine çeviriliyorsa alternatör; bunun tam tersi durum oluşuyorsa motor olarak isimlendirilir (Üstünel, 2012).

Sürekli mıknatıslı senkron makineler (SMSM), mevcut frekans ve kutup sayısı ile ilişkili olarak sabit bir hızda dönerler. Şekil 2.2’ de SMSM’nin yapısı gösterilmiştir (Adam, 2007).

SMSM’lerde mıknatıs kutup sayısı çok çeşitli olmakla beraber, bu sayı iki kutuptan başlayarak çok daha fazla kutup sayısı ile karşımıza çıkmaktadır. Kutup sayısı gerek duyulan moment miktarına göre belirlenmektedir. Akım miktarı aynı iken daha yüksek momente sahip olmak için, kutup sayısı fazla olan motorların kullanımı tercih edilmektedir (Sakarya, 2009).



Şekil 2.2 : SMSM dik kesit konfigürasyonu.

Mıknatıs yapısı nedeniyle meydana gelen vuru momentlerini azaltmaya yönelik var olan literatürde ki çalışmalarda, makine tasarımlarıyla vuru momenti azaltılabildiği görülmektedir. Vuru momentini azaltmak için stator ve rotor kısmında yapılabilecek çeşitli yöntemler mevcuttur. Stator tarafında olukların kaydırılması,

yardımcı oluklar açılması, farklı oluk aralığı oluşturulması sayılabilirken, rotor tarafında mıknatıslara kaykı verilmesi, mıknatıslarda gruplama yapılması ve rotorun kaydırılması gibi çeşitli yöntemler mevcuttur (Çolak, 2019 ; Fitzgerald ve diğ 2003).

Manyetik ve yarı iletken materyallerin gelişim göstermesi SMSM'lerin DA ve AA makinelerinin sunduğu dayanıklılık ve güvenilirlik gibi avantajları gerçekleştirmesini sağlamaktadır. SMSM'lerin rotor kısmında bulunan mıknatıslar makineye yapısal üstünlükler getirmektedir. Bu üstünlükler aşağıda verilmektedir (Aksöz, 2018; Ayçiçek, 2012; Adam, 2007).

- Makinenin yapısında bulunan sürekli mıknatıslar, diğer makinelerde olan kollektör ve fırçaların kullanılmamasını sağlamıştır. Bu durum oluşacak kayıpları engelleyerek verimi arttırmaktadır. Aynı zamanda fırça ve kollektörün bakım ihtiyacını ortadan kaldırır.
- Sürekli mıknatısların varlığı makinede ilave bir uyarı akımına ihtiyacı ortadan kaldırır. Buda verime olumlu etki eder.
- Rotor da sargılar yerine sürekli mıknatısların yer alması bakır kayıplarını ortadan kaldırır.
- Mıknatısların varlığı makinenin tasarımını kolaylaştırmaktadır. Çiftli gruplar halinde istenilen sayıda mıknatıs kullanılarak çeşitli makineler modellenebilir.
- Sürekli akım değeri ile mıknatıs sayısını arttırarak daha yüksek moment değeri elde edilir.
- Güçlü mıknatısların kullanımı, rotordaki konumlandırılması, kollektörlerin kullanılmaması ile makinelerin boyutları küçültülerek ağırlık ve hacimleri azaltılabilir.
- Rotorda sargı yerine mıknatısların bulunmasından dolayı soğutma işlemi daha zahmetsiz yapılabilmektedir.
- Senkron makinelerin asenkron makinelere oranla güç kat sayısı daha yüksektir. Kaynak olarak inverteri kullanan sistemlerde güç faktörünün yüksek olması bu inverterden daha etkin yararlanılmasını sağlar.

SMSM'nin dezavantajları aşağıda sunulmaktadır (Ayçiçek, 2012; Kılıç ve Kuyumcu, 2014) :

- Mıknatısların kullanım sonucu ısınmaları, uygun manyetik malzemelerin tercih edilmemesi ve çevresel etkiler mıknatısların manyetik özelliklerini yitirmesi riskine neden olur. Bu durum makinenin güvenilirliğini düşürür.
- SMSM'lerin ilk çalıştırılma şartları diğer makinelere göre karmaşık bir yapıya sahiptir. Çünkü SMSM'lerin uyarma eylemi ayarlanamamaktadır.
- SMSM'lerde kullanılan manyetik malzemelerin fiyatları ve bu makinelerin üretim maliyetleri DA ve asenkron makinelere göre daha yüksektir.
- Yüzey konumlandırılmalı SMSM'lerin hızlı dönmesi sırasında mıknatısların yüzeyden kopma olasılıkları vardır.
- Makinenin sabit ve hareketli kısımlarının bakım amacıyla birbirinden ayrılması esnasında milin çizilmesi veya çalışma eksenini kayması olası dezavantajlarındandır.

Sürekli mıknatıslı senkron makinelerin güç aralığı geniş bir yelpazede değişiklik göstermektedir. SMSM'lerin uygulama alanları (Adam, 2007; Aydın ve diğ., 2012; Aksöz 2018;) :

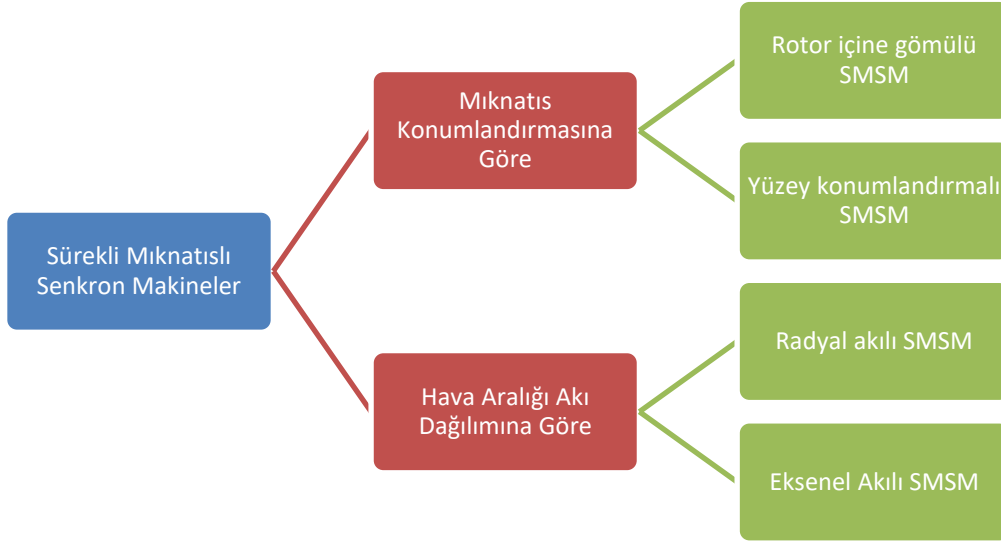
- Servo sürücülü robotik uygulamalı makineler,
- Deniz taşıtlarında kullanılan gücü yüksek makineler,
- Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilen uygulamalar,
- Elektrikli taşıtlar,
- Su, hava pompalama sistemleri,
- CNC tezgahları,
- Otomatik satış makineleri, bankamatik QR kod okuyucu,

- Beyaz eşyalar ve elektrikli ev aletleri sektörü,
- Askeri savunma sistemleri,
- Havacılık ve uzay sistemleri,
- MR cihazında hareket ettirici,
- Sağlık hizmetlerinde ve ameliyathanelerde robotik cerrahi teknolojileri

Çok fazlı ve sürekli mıknatıslı rotorları bulunan sürekli mıknatıslı senkron makinelerin rotorunda, alan sargısı kullanımının yerini sürekli mıknatısların alması bu motorları diğerlerine göre farklı kılmaktadır (Fitzgerald ve diğ 2003). SMSM'lerin sahip olduğu farklı özellikler AC motorlar arasında daha teknolojik olmasını sağlamaktadır (Sakarya, 2009).

SMSM'lerin makinenin etkin geçirgenliğine dayalı ve sabit değerli bir alan akımı tarafından uyarıldığı varsayılarak makine endüktansları kolayca analiz edilebilir (Fitzgerald ve diğ 2003).

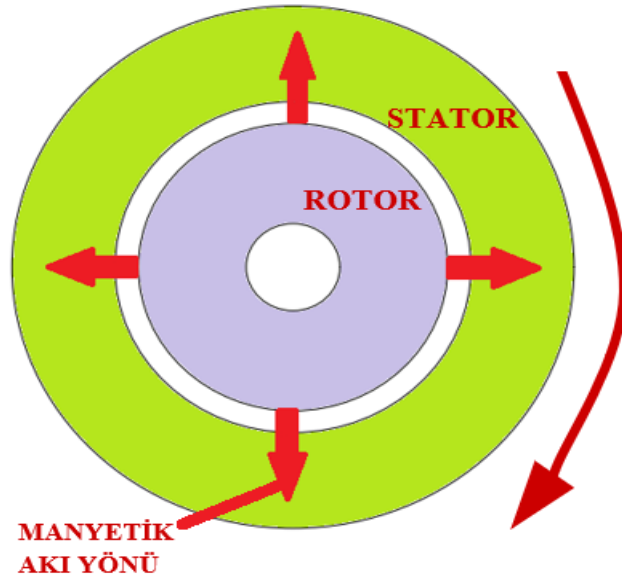
SMSM'ler; Şekil 2.3'te gösterildiği gibi mıknatıs konumlandırmasına ve hava aralığı akı dağılımına göre iki şekilde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmada kendi içinde ikişerli gruplara ayrılmaktadır. Mıknatıs konumlandırmasına göre rotor içine gömülü SMSM ve yüzey konumlandırılmalı SMSM olarak; hava aralığı akı dağılımına göre radyal akılı SMSM ve eksenel akılı SMSM'dir.



Şekil 2.3 : SMSG çeşitleri.

2.2.3. Radyal akılı sürekli mıknatıslı makine (RASM)

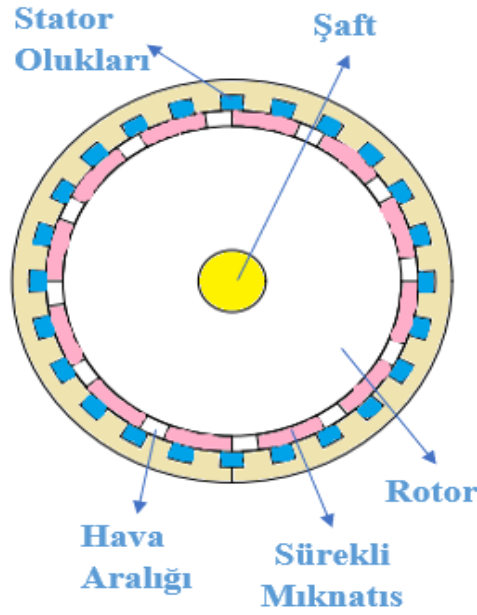
Teknolojik yenilikler, soğutma sistemleri, güç yoğunluk artışı gibi nedenler radyal akılı sürekli mıknatıslı makineleri, elektrik makineleri içinde avantajlı hale getirmiştir (Çetin ve Daldaban, 2014).



Şekil 2.4 : Radyal akılı SMSG'lerde manyetik akı ve akım yönü.

2.2.3.1. İç rotor tasarımı

Çoğu kullanılan makinede, manyetik akı rotordan statora radyal yönde geçer. Ferromanyetik mıknatıs malzemesinin kullanılması hava boşluğu endüktansını artırır. Böylece tork üretimine isteksizlik eklenir. Mıknatıslanma yönü, mıknatıslanma için kullanılan fikstür ile belirlenir. Ancak mıknatıs kutuplarını artırırken, mıknatıslanma yönü makinenin performansı üzerinde daha az etki gösterir (El Sayed, 2017).



Şekil 2.5 : Rotor içte radyal akılı sürekli mıknatıslı senkron makine.

2.2.3.2. Makine iç rotoru için stator tasarımı

İki ana SMSM stator sınıfı vardır: oluklu ve oluksuz. Oluklu statorlarda, geçirgenlik katsayısı ve sonuçta ortaya çıkan hava boşluğu akı yoğunluğu, oluksuz sınıftan daha büyüktür. Bu, içindeki küçük manyetik hava boşluklarının varlığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu yuvalar, sarımlar ve stator ferromanyetik materyali arasında geniş temas alanına neden olur ve bu nedenle ısı, sarımlardan stator yüzeyine kolayca iletilir. (El Sayed, 2017).

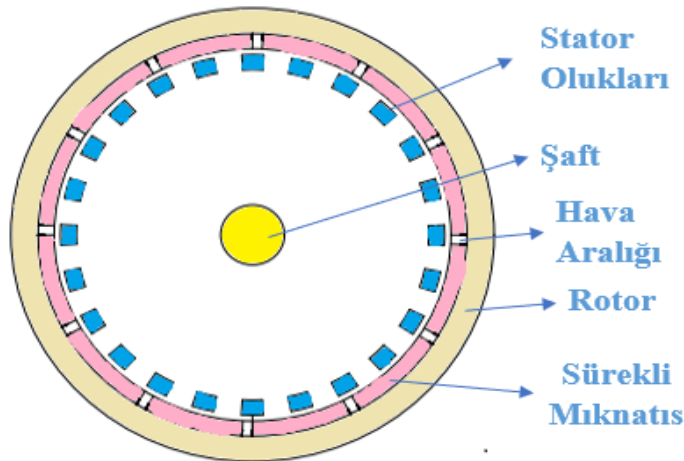
Oluksuz stator yapısında, hiçbir vurutu momenti yoktur, çünkü rotor mıknatıslarından oluşturulan isteksizliğin pozisyonunda bir değişiklik yoktur. Bu durumda sargılar, stator boyunduruğu içinde doldurulmuş halka olarak oluşturulur. Sarım ve rotor arasında küçük bir hava boşluğu vardır. Sargılardan stator dış yüzeyine

doğru ısı iletimi olmadığından sargı akımı yoğunluğu olumsuz yönde etkilenir. Bu yapının dezavantajı, fiziksel hava boşluğu için manyetik hava boşluğunun kapsanması ve sarımın radyal kalınlığının, hava boşluğu akı yoğunluğunu azaltmasıdır. Bu problem, mıknatıs malzeme kalitesinin ve miktarının artırılmasını gerektirir (El Sayed, 2017).

Durgun bir stator konfigürasyonu gösteren durumda sargılar stator dişlerine yerleştirilir. Stator dişleri, iç yarıçap ile dış stator boyunduruğu arasında köprülenir. Stator, sargıları yerleştirdikten sonra dış stator boyunduruğuna yerleştirilir. Bu durumda, köprü yuvalarından dolayı yarık kaçak indüktansı büyük ölçüde artmaktadır. Ayrıca, köprü yarıkları, bobin akısı bağlantısının ve EMF'nin azalmasına neden olur, bu da bir akının bobinlerden ayrılmasıyla sonuçlanır. Ayrıca, dişleri dış stator boyunduruğuna yerleştirirken, küçük bir hava boşluğu yaratılmaktadır (El Sayed, 2017).

2.2.3.3. Dış rotor tasarımı

Dış rotor tasarımına sahip makineler genellikle sabit disk sürücülerinde iş mili motoru ve CPU ve bilgisayar kasalarında kullanılan ventilatör fan tahrik motoru olarak kullanılır. Dıştan rotorlu makinelerde, sarımlar dışarıda sunulduğundan, ısı kolayca çıkarılır. Bu durumda kullanılan mıknatıs, tek bağlı mıknatıs halkasıdır. Stator dişleri dışarıya sunulduğundan makinenin sarılması kolaydır (El Sayed, 2017).



Şekil 2.6 : Rotor dışta radyal akılı sürekli mıknatıslı senkron makine.

2.2.4. Eksenel akılı sürekli mıknatıslı senkron makineler (EASMSM)

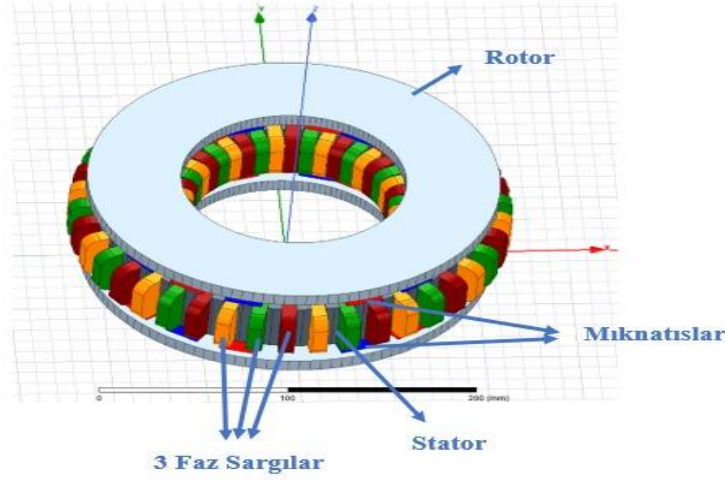
Yenilebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacın artması EASMSM'ye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Sahip olduğu katı yapılarıyla ve güç yoğunluklarının yüksek olması nedeniyle tercih edilmektedirler (Kurt ve Önbilgin, 2009). Genel yapıları sayesinde performanslarının yüksek olması literatürlerde birçok uygulamaya konu olmuştur.

EASMSM mıknatısların yer aldığı rotor diski ve sargıların yer aldığı stator diskinden meydana gelir. Mevcut rotor ve stator sayısına, mıknatısların konumlandırılmasına ve manyetik akı yoluna göre adlandırılabilir (Hüner ve Aküner, 2009). Çoğunlukla eksenel düzlemde meydana gelen kuvvetleri dengeli hale getirmek amacıyla, tek stator çift rotor, çift rotor tek stator veya farklı sayıda rotor ve stator kullanılarak yapılar oluşturulabilir.

Eksenel akılı makineler düz görünümünden dolayı pancake makineleri de denir. Eksenel akılı makinelerinde sarım radyal doğrultuda, radyal akılı makinelerde ise eksensel doğrultuda yerleştirilir. Ayrıca, akı akış yönü ile ilgili olarak, radyal makinelerde radyal bir yöne sahipken, pancake makinelerinde eksenel bir doğrultudadır (El Sayed, 2017).

EASMSM'lerin RASMSM'lere göre sağladığı avantajları kısaca;

Yarıçap / uzunluk değeri, hava aralığı değerinin durumlara göre düzenlenebilirliği, yapısı gereği uygun tasarım imkanı sağlaması, kutup sayısının değiştirilebilir olmasıyla istenen yüksek frekanslarda ve düşük hızlarda çalışması sayılabilir. Titreşim ve gürültü miktarı ile kullanılacak olan araçla entegrasyonunda kolaylık üstünlükleri arasındadır (Çetin ve Daldaban, 2014). EASMSM'lerin temel yapısında bulunan sabit kısmın üretim aşaması ve tüm parçaların monte edilmesi sürecinin uzun ve zahmetli olması ; hareketli ve sabit kısımları arasındaki manyetik çekim gücü ve hava aralığında ki akıyı aynı değerde tutma da yaşanan güçlük, güçlendirilebilecek yönlerindedir (Çetin ve Daldaban, 2017). Hareketli kısımda bulunan sürekli mıknatıs ile sabit kısım oluklarından oluşan manyetik akı değişimi nedeniyle hava aralığındaki akı aynı değerde tutulamamaktadır (Çelikdemir ve Özdemir, 2013; Öksüztepe ve Kürüm, 2009).



Şekil 2.7 : Eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerin yapısı.

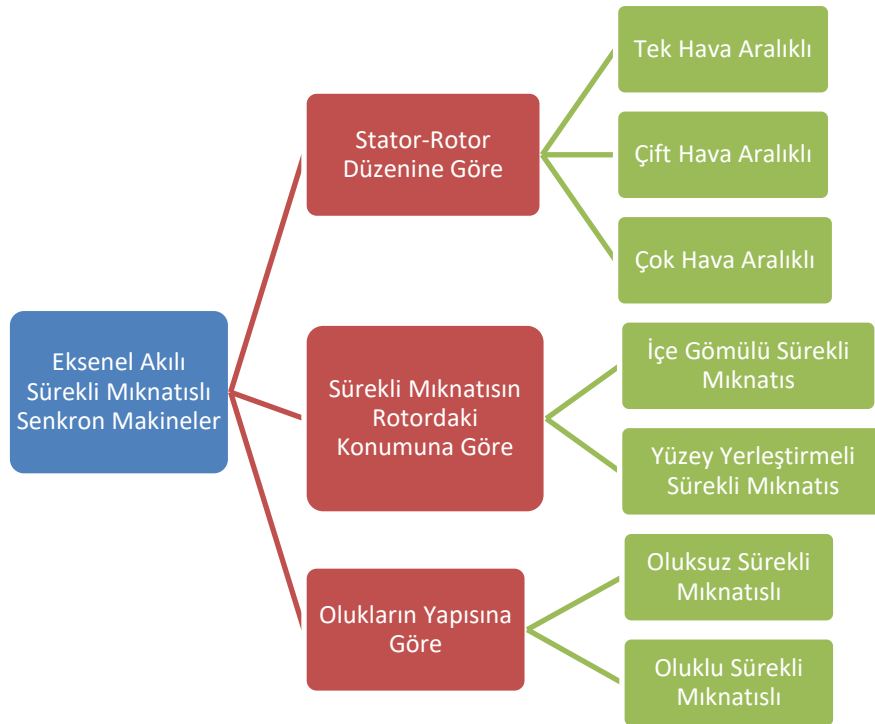
Eksenel akılı makinelerin yapılandırılması basit ancak dengesiz olarak kabul edilir. EASM makineler üzerinde sargıların yer aldığı halka yapıda stator ve üzerinde mıknatısların yer aldığı disk yapıda bir rotordan oluşur. Mıknatıslar rotora tutturulduğundan, rotor ve stator arasındaki hava boşluğunu kapatmaya çalışır ve böylece çok yüksek bir eksenel kuvvet oluşturur. Rotor 2 stator arasında sıkıştırılmıştır, dolayısıyla rotor kuvvetlerinin dengeli olduğu düşünülmektedir. Bu yapılandırma, makinenin performansını artırır (El Sayed, 2017; Ayçiçek, 2012).

Eksenel akılı makinelerde sıklıkla karşılaşılan zorluk stator yapısıdır. Yoğun ferromanyetik şerit sarımları kullanılarak kompleks yapıda üretildiği için zaman ve maliyet açısından etkinliği azalmaktadır. Akının eksenel şekilde hava boşluğundan geçerek akması ile statorun etrafında katmanlar meydana gelmektedir. Statorun iç ve dış çapları arasında moment meydana gelmektedir. Bu kısım sabit kalarak kutup sayısının artırılması eksenel mesafeyi kısaltır. Sonuç olarak EASMSM'lerin düşük hızda yüksek güç ve yüksek moment ile çalışmaları sağlanır (El Sayed, 2017; Ayçiçek, 2012).

EASMSM her iki şaft ucunda mıknatıslı rulmanların bulunması şaftın güvenli sınırlar içerisinde gerçekleşebilecek nominal dönme hızı yerine, çok daha yüksek dönme hızına imkan verir. Motorun hızını arttırmanın bir yoluda rotorun manyetik akısını azaltmaktır. Stator bobinlerine 3 faz gerilim verildiğinde, içinde farklı sürme akımları üretilir. Bunlar statorun faz sargılarında tork ve akım oluşturmak için rotorun manyetikleriyle etkileşime girer. Elektromıknatıs prensibine göre itme ve çekme

kuvveti üretilir. Motorun özel yapısı ve çalışma prensibiyle şaftın her iki ucunda manyetik yatakların bulunmasına rağmen, motorun rotoru aksel hareket bloğunun olmasına izin vermez. Bu nedenle motor kompakt bir yapıya sahiptir (Tran ve diğ., 2017).

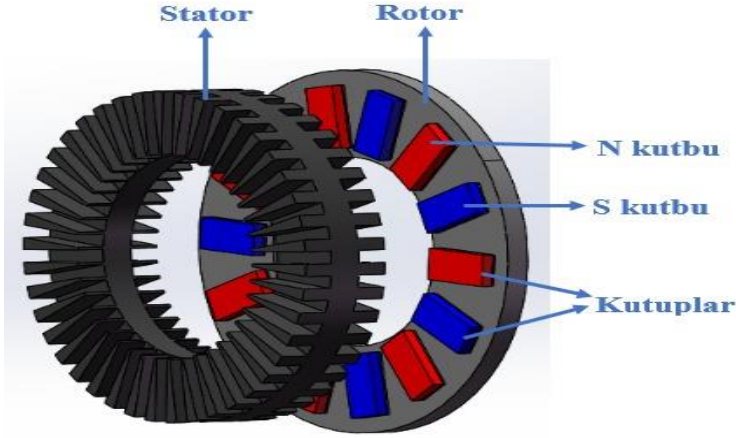
EASM senkron makineleri genellikle Şekil.2.8’de ki gibi; stator ve rotor düzenine, mıknatısların rotordaki konumuna, oluk yapısına göre sınıflandırmak mümkündür (Aksöz, 2018).



Şekil 2.8 : EASMSM Sınıflandırılması.

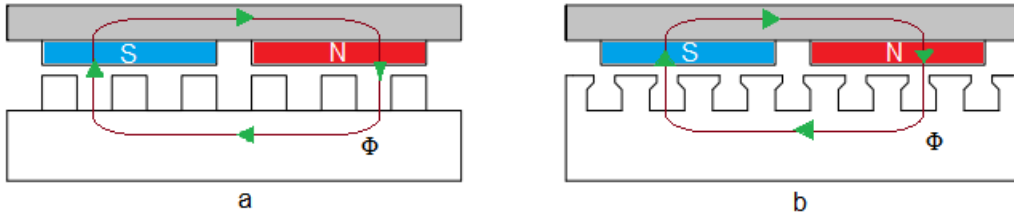
2.2.4.1. Tek- kenar yapılı EASMSM

EASM senkron makineler arasında moment kapasiteleri en düşük ve en basit yapıya sahip olmaktadır. Şekil 2.9.’da tek rotor-tek stator yapılı EASM senkron makinenin yapısal görünümü bulunmaktadır. Oluk varlığına göre oluksuz veya oluklu stator ile mıknatısın rotordaki konumuna göre yüze yerleştirmeli sürekli mıknatıslı rotordan oluşabilmektedir.



Şekil 2.9 : Tek stator – Tek rotor EASMSM.

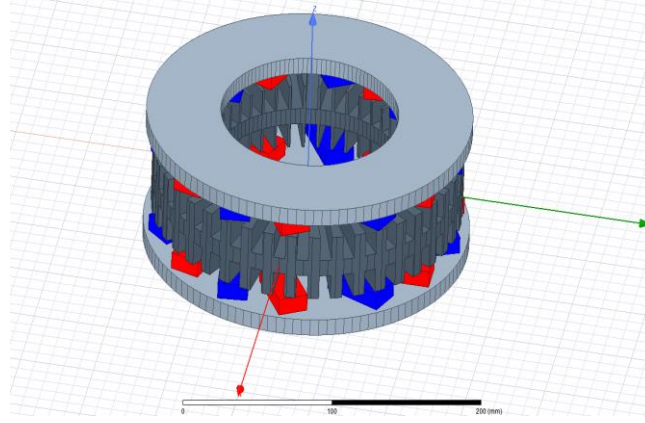
Mıknatısların meydana getirdiği manyetik akı statora mıknatısın N kutbundan giriş yapar ve bir kutup süresince devam edip mıknatısın S kutbundan rotor diskine geçerek devresini bitirir. Şekil 2.10’da oluksuz statorlu ve oluklu statorlu yüzey yerleştirmeli EASMSM manyetik akı hareketleri görülmektedir.



Şekil 2.10 : a. Oluksuz statorlu b. Oluklu statorlu yüzey yerleştirmeli EASMSM.

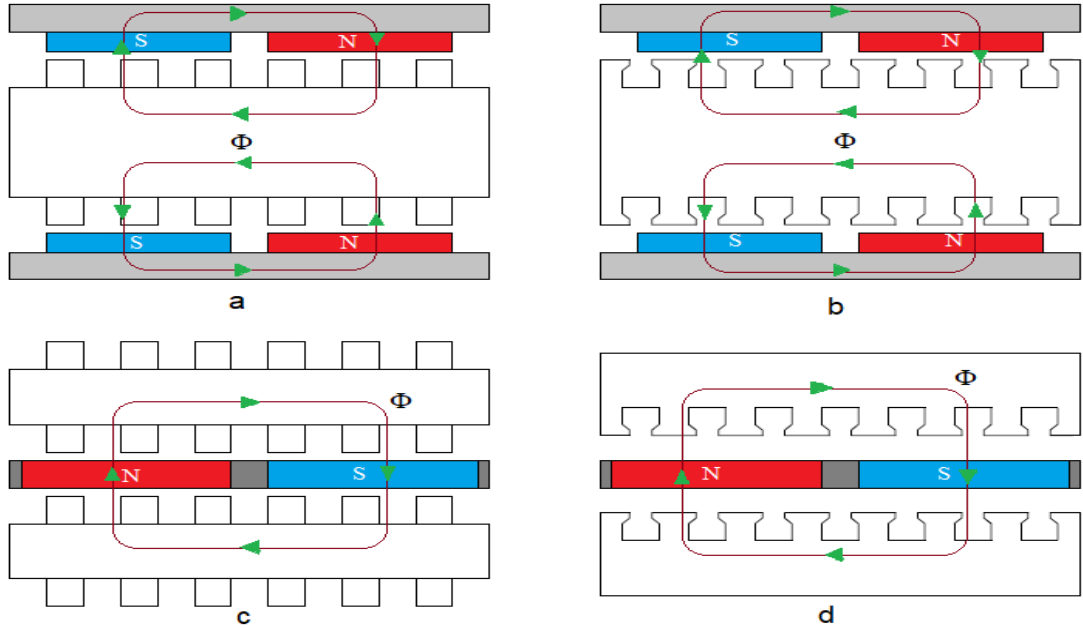
2.2.4.2. Çift kenar yapısına sahip EASMSM

Moment kapasitelerinin daha yüksek olması tek rotor tek stator yapıları aksel akılı sürekli mıknatıslı senkron makineye göre üstünlük sağlamaktadır. Tek rotor çift stator veya çift rotor tek stator yapıları oluşabilmektedir. Oluklu veya oluksuz stator kullanımı ve mıknatısların konumlandırılmasına göre farklı şekillerde üretilmesi mümkündür. Tek stator çift rotor EASMSM’ler yapısal olarak Şekil 2.11’de gösterilmektedir.



Şekil 2.11 : Tek Stator – Çift Rotor EASMSM.

Tek stator çift rotor ve çift stator tek rotor EASMSM'lerin manyetik akı hareketleri Şekil 2.12'de gösterilmektedir.

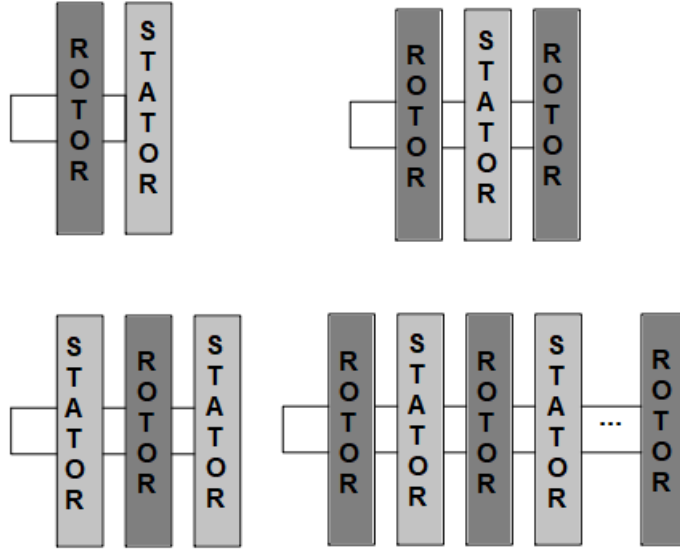


Şekil 2.12 : a. Oluksuz iç statorlu dış rotorlu b. Oluklu iç stator dış rotorlu c. Oluksuz dış stator iç rotorlu d. Oluklu dış stator iç rotorlu EASM senkron generatörlerin akı yolları.

2.2.4.3. Çoklu kenar yapısına sahip EASMSM

Çoklu disk yapısına sahip bu makinelerde aynı ekseninde birden çok stator ve rotor yer almaktadır. Rotor sayısı stator sayısından bir fazla veya bir eksik olacak şekilde oluşturulur. Makinenin en dış yüzeyinde rotor vardır. Su, hava pompalama sistemleri

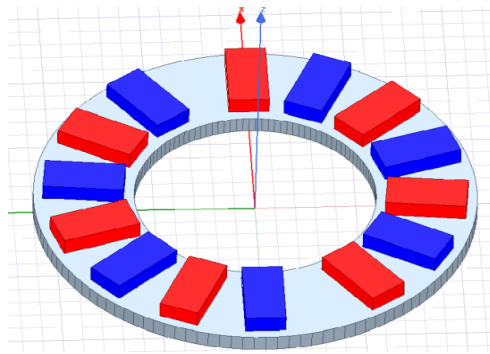
ve deniz taşıtları gibi alanlarda genel olarak kullanılmaktadır. Multi disk yapısına sahip EASMSM'nin yapısı Şekil 2.13'de gösterilmiştir (Çolak, 2019).



Şekil 2.13 : Çeşitli kombinasyonda Stator - Rotor EASMSM.

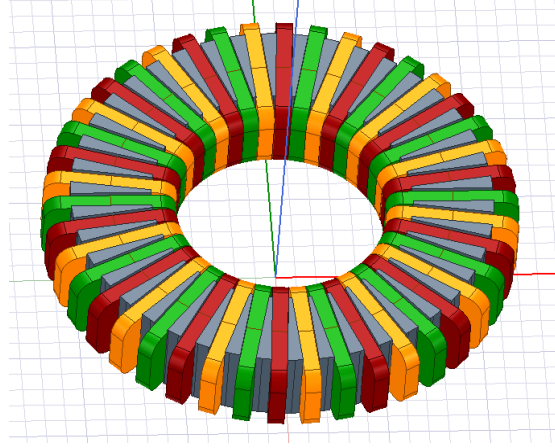
2.2.4.4. EASMSM'da rotor ve stator yapıları

Eksenel akıllı makinelerde yer alan disk yapılı rotor manyetik geçirgenliği fazla demirden üretilir. Mıknatısların rotor yüzeyine radyal şekilde konumlandırılması 3 şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar; rotor üzerine mıknatıs yuvalarının açılması, mıknatısın özel madde ile rotora yapıştırılması, vida gibi sabitleyici malzemeler ile vidalanmasıdır. Kullanılan mıknatıs yapısı özel olarak üretilebileceği gibi standart yapıda da olabilir. Fakat mıknatıs özelliğinin makine performansı üzerine etkili olduğu düşünülmeli ve makinenin kullanım alanına göre seçim yapılmalıdır.



Şekil 2.14 : Rotor.

Eksenel akılı makinelerin statoru toroidal şekilde sarılan lamine demir sacıyla üretilir. Stator üretiminde karşılaşılan temel güçlük nüve üzerine oluk açılmasıdır. Bu işlem hassas lazer kesimli araçlar ile gerçekleştirilmelidir yoksa oluk üzerinde oluşan izolasyon bozukluğuna veya laminelerde kısa devre görülmesine sebebiyet verir. Bu durum stator üretimini zahmetli ve pahalı bir yöntem haline getirmektedir.



Şekil 2.15 : Stator.

2.3. Vuruntu Momenti

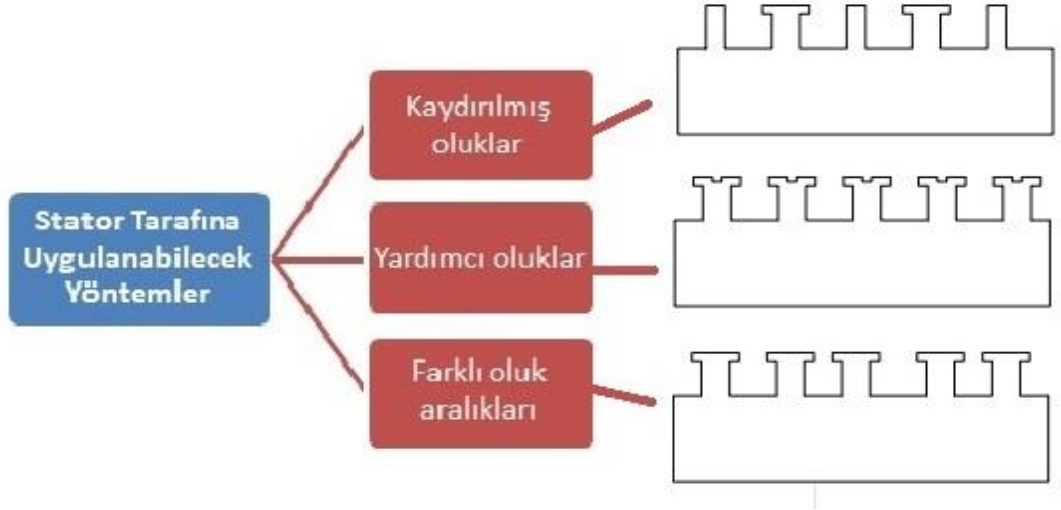
Vuruntu momenti, sürekli mıknatıslı senkron makine tasarımında önemli bir parametredir. Makine yüksüz durumda çalışırken, rotorda bulunan sürekli mıknatıslarla, statorda yer alan olukların etkileşimi sonucu oluşan moment dalgalanmaları karşımıza çıkmaktadır. Rotora dışarıdan yapılan etki sonucunda mıknatıslar aracılığıyla meydana gelir. Bu durum elektromanyetik gürültü, titreşim ve moment dalgalanmasına sebep olmaktadır (Aydın, 2007; Kılıç ve Kuyumcu, 2014; Aksöz, 2018).

Vuruntu momenti hesaplaması Maxwell Gerilme Tensörü veya Sanal İş Tekniği analiz uygulamaları yardımıyla yapılabilmektedir. Maxwell Gerilme Tensörü metodu ile sadece bir alan hesabı kullanılarak moment değeri elde edilmektedir. Fakat hesaplamanın duyarlılığı integral derecesi ve eleman yoğunluğuna tabi bulunmaktadır. Sanal İş Tekniği metodu kullanım açısından diğer uygulamaya göre daha basit olmasına rağmen farklı iki rotor pozisyonu için alan hesabına ihtiyaç duyar ve sayısal hesaplama duyarlılığından ödün verilebilir (Aydın, 2008).

EASMSM'larda vuruntu momentinin oluşumunu azaltmak için stator ve rotor tarafında kullanılan birçok farklı teknik mevcuttur. Stator tarafında başvurulan moment azaltıcı tekniklerin maliyet yüksekliği ve üretim zorluğu nedeniyle daha çok rotor tarafındaki ucuz ve uygulanması kolay vuruntu momentini azaltıcı yöntemler tercih edilmektedir (Zeka, 2016).

2.3.1. Stator tarafında vuruntu momentini azaltıcı yöntemler

EASM senkron makineler de bulunan statorun yapısı gereği üretiminin zor olması bazı istenmeyen üretim hatalarını meydana getirmektedir. Bu hatalar makine performansını olumsuz yönde etkileyerek vuruntu momentini oluşturur (Çetin ve Daldaban, 2017). Statorun kendi üretim zorluğu üzerine ilave vurutuyu azaltıcı yöntemlerin eklenmesi maliyeti daha arttırdığından aşağıda bahsedilen yöntemlerin kullanımı pek tercih edilmemektedir. Vuruntu momentini minimize edebilmek için stator tarafına uygulanabilecek yöntemler; statorun dişlerine yardımcı oluklar açılması, karşılıklı olukların kaydırılması, farklı oluk açıklıkları kullanılması ve yüzey konumlandırılmalı sargıların kullanılması olarak sayılabilir (Aydın, 2008).



Şekil 2.16 : Stator tarafına uygulanacak teknikler.

2.3.2. Rotor tarafında vurutu momentini azaltıcı yöntemler

Stator tarafındaki vurutu momentini azaltıcı yöntemlerin zahmetli ve maliyetli olması rotor tarafına uygulanabilecek yöntemlerin tercih edilmesini sağlamıştır. Çünkü rotor tarafına uygulanabilecek yöntemler ucuzluk ve üretim kolaylığı sunar (Ayçiçek ve diğ, 2012).

Statorda var olan oluk miktarı ile rotor kutup miktarının oransal olarak uygunluğu vurutu momentini azaltan etkili ve tercih edilen bir yöntemdir. Bunların yanı sıra; rotorun kaydırılması, mıknatısların gruplandırılması ve kaykılı verilmesi, özel şekilli mıknatıs kullanılması ve kutuplarının optimizasyonu sayılabilir (Aydın, 2008).

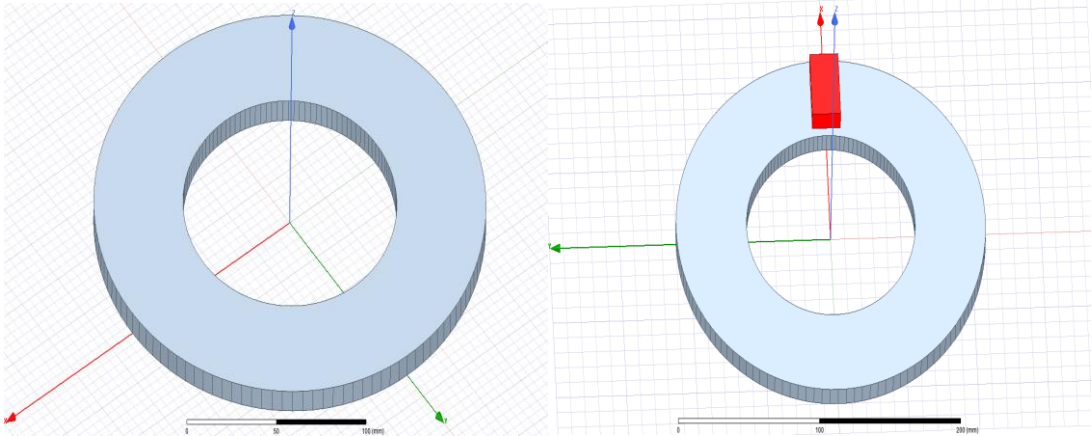
3. TASARIM

3.1. Maxwell Analiz Yöntemi

Deneysel çalışmaların manyetik analizlerini hesaplamak için yazılımsal olarak uygun birçok program mevcuttur. Yapılan çalışmada Maxwell 3D programı tercih edilmiştir. Sonlu elemanlar analizi yöntemi (SEY-SEA) tasarımda ve generatörlerin manyetik hesaplamalarında sıklıkla uygulanan bir yöntemdir.

Sonlu Elemanlar Analizi uygulanan generatör tasarımının doğruluğunun kontrol edilmesini sağlar. Bu yöntem ile generatöre ait akım ve gerilim, vuru mu momenti vb değerler elde edilmektedir.

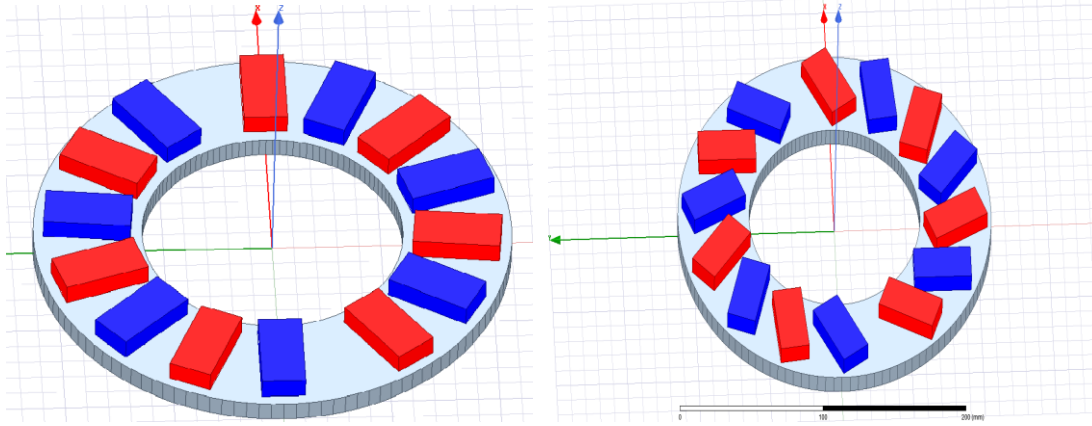
Tasarımdaki EASM senkron generatörün manyetik analizini yapmadan önce kullanılan malzemelerin boyutlarına ve özelliklerine karar verilmelidir. EASM senkron generatörün statorunun dış çapı 210 mm, iç çapı 130 mm, kalınlığı 40 mm; rotorun çapı 210 mm, kalınlığı 8 mm, NdFeB mıknatısın boyutları 40x20x10 mm ; sargıların genişliği 8mm, yüksekliği 15 mm , 42 adettir; 3 Fazlı, 14 kutuplu 4 mm hava aralıklı olarak model tasarımı sağlanmıştır. Belirlenen boyutlarda ve tek stator çift rotora sahip generatörün üç boyutlu çizimi Maxwell 3D programında oluşturularak malzemelere ait özelliklerin seçilmesi yapılmıştır. Tasarımın oluşturulma aşamaları ve ilgili görseller aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1 : Rotor tasarımı.

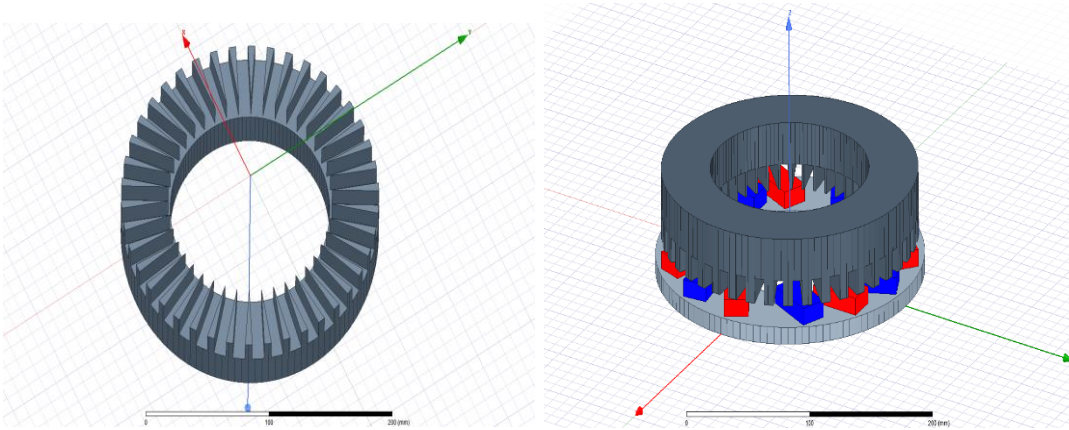
210mm dış çap ve 130 mm iç çap nüve ölçülerine sahip model tasarlanarak rotor oluşturulmuştur.

Tek bir kutup (N kutbu) çizilmiştir. Ayrıca malzeme tanımlaması yapılırken de N35 den $Z=1$ yapılarak Şekil.3.1’de görülen manyetikleşme yönü belirlenmiştir. İstenilen adette kutup rotor yüzeyine çoğaltılmıştır. Yine N35 çoğaltılarak $Z=-1$ yapılmış ve manyetikleşme yönü ters belirtilerek S kutbu oluşturulmuştur.



Şekil 3.2 : Kutup tasarımı ve dizilimi.

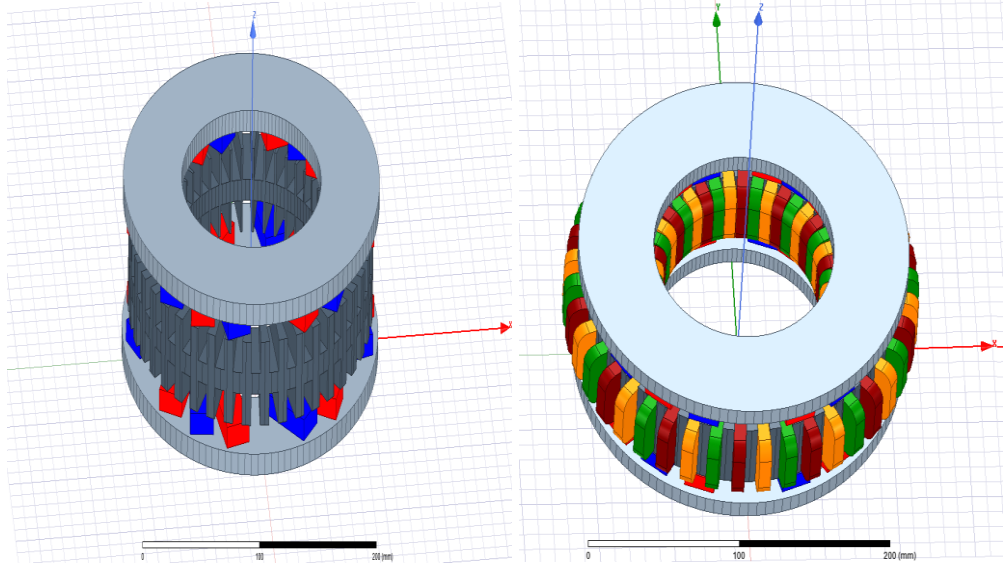
Şekil 3.2.’de kutuplar N-S olacak şekilde yerleştirilerek gruplar arası açı ve mıknatıslar arası açı belirlenmiştir. Her bir kutup yüzeyinde koordinat sistemi oluşturularak kutuplara kendi eksenlerinde 0’ dan 22 dereceye kadar açı verilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.3 : Stator tasarımı.

Şekil 3.3’te oluşturulan stator görülmektedir. Nüvenin dış çapı 210 mm, iç çapı 130 mm olan iki adet silindir oluşturulmuştur. Oluk yapımı için öncelikle bir kutu oluşturulmuş ve oluşturulan kutu silindirden parçayı çıkartacak şekilde tanımlanmıştır.

İstenilen oluk sayısı kadar kutular çoğaltılarak 42 adet oluk oluşturulmuştur. Stator rotorla aynı yüzeye sabitlenmiştir.



Şekil 3.4 : İki rotor bir stator konumlandırılması.

Z eksenine göre ayna görüntüsü alınarak Şekil 3.4'te görülen rotor ve stator çift taraflı oluşturulmuştur. Eksenel akılı generatör NN tiptedir ve toroidal sarıldığından aynı tip mıknatıslar birbirine bakmaktadır. 2'li, 4'lü ve 6'lı gruplar kontrol edilmiş ve manyetik alan yönleri düşünülerek NN tip dizilim sağlandığı görülmüştür. Modelde sargılar fazlara göre gruplandırılmıştır.

3.2. Maxwell Analiz Yöntemiyle Alınan Sonuçlar

Tasarımı yapılan Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı Senkron Generatörün manyetik analizleri ve vuruğu momenti değeri elde edilmiştir. Bunun için ANSYS Maxwell yazılımının magnetostatik kısmı kullanılmıştır.

3.2.1. Manyetik analiz

Maxwell programı ile 2'li, 4'lü ve 6'lı gruplama yapılarak her bir gruplama durumu için mıknatıs yerleştirme açısı değeri için analiz sonuçları elde edilmiştir. Mıknatıs yerleştirme açılarının etkisini daha iyi ortaya koymak için nominal durumda mıknatıs kutup yay açısı $25,71^\circ$ iken, gruplama yapıldığı durumda gruplar arası açı 30° alınmıştır. Bu durumda 2'li, 4'lü ve 6'lı gruplama durumunda kutup yay açıları sırasıyla 25° , 24° ve $22,5^\circ$ olmaktadır.

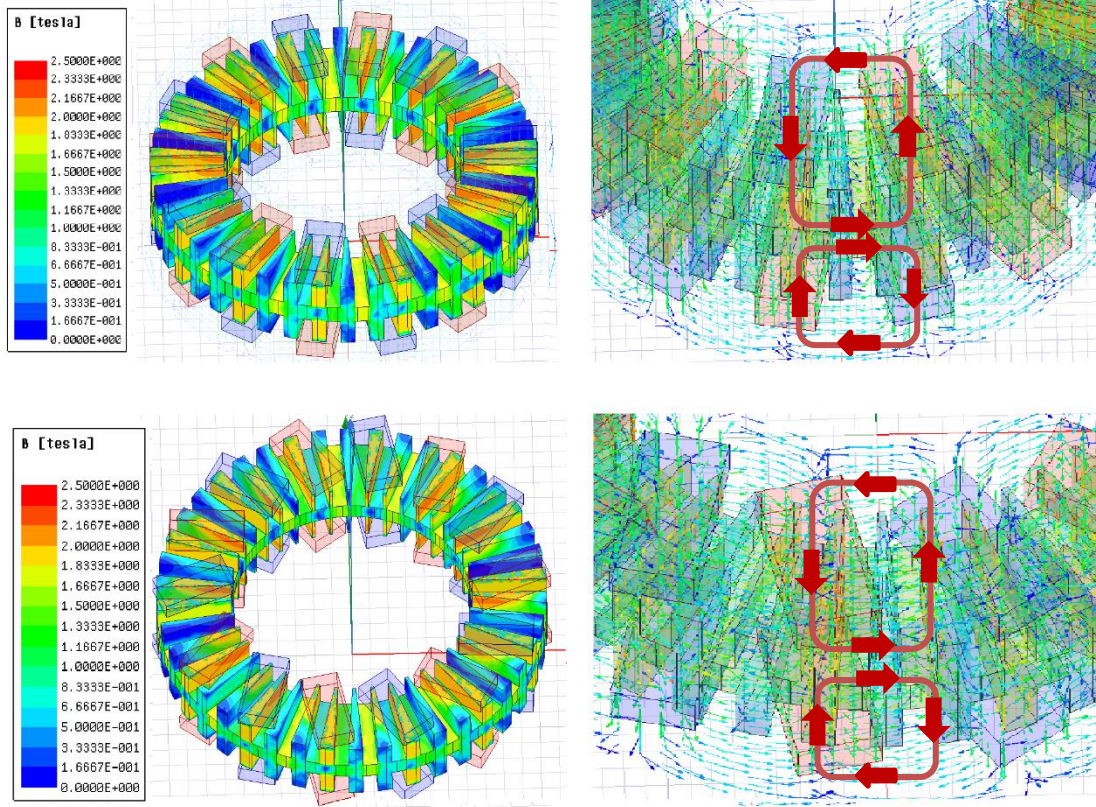
Öncelikle her bir gruplama durumunda manyetik akı değeri incelenmiştir.

Manyetik analizler 2'şer derecelik yerleştirme açıları için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde alınan sonuçlar ile ilk ve son durum da analiz sonuçları verilmiştir.

Şekil 3.5'te 2'li gruplama için 0° ve 22° için stator yüzeyindeki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arasındaki manyetik akı çizgilerinin dağılımı verilmiştir. Şekil 3.5.a için 0° durumunda kutuplar bir veya iki kutup ayağına basmaktadır. Stator ayaklarında manyetik akı dağılımı değeri incelendiğinde ayak kenarlarında 2 Tesla civarı bir manyetik akı yoğunluğu olduğu görülmektedir. Manyetik akı yoğunluğu değeri statorun iç çapına doğru ve kutup kenarlarında artmaktadır. Dolayısıyla buralarda manyetik nüvenin doyuma gideceği söylenebilir. Bununla birlikte manyetik alan çizgileri yönü incelendiğinde generatör tasarımında NN tip mıknatıs dizilimi kullanıldığı için manyetik alan çizgilerinin kutuplardan birbirine doğru gittiği ve nüvenin boyunduruğundan devresini tamamladığı görülmektedir.

Şekil 3.5.b'de 22° kutup açısı durumundaki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arası manyetik akı çizgilerinin dağılımı görülmektedir. Kutuplar 0° 'ye göre daha fazla kutup ayağına denk gelmektedir. Dolayısıyla rotorun sürekli hareketi esnasında kutupların sürekli stator ayakları ile etkileşimde olması nedeniyle hava aralığı relüktansının kutuplara göre değeri daha az olacağı görülmektedir. Bu da vuruğu momenti

azaltıcı bir etki oluşturmaktadır. Bununla birlikte stator nüve ayak kenarlarında ve iç çap kısmında manyetik akı yoğunluğunun 2 – 2,16 Tesla aralığında olduğu görülmektedir. Bu da bu noktalarda doyumun olacağını göstermektedir. Fakat daha düşük açılara göre de kutup etki yüzeyi daha geniş bir yüzeye dağıtılmıştır. Bu da hava aralığı manyetik akı dağılımının daha düzgün olacağını ve elde edilen elektro motor kuvveti (EMK) eğrisinin daha sinüsoidal olacağını göstermektedir.

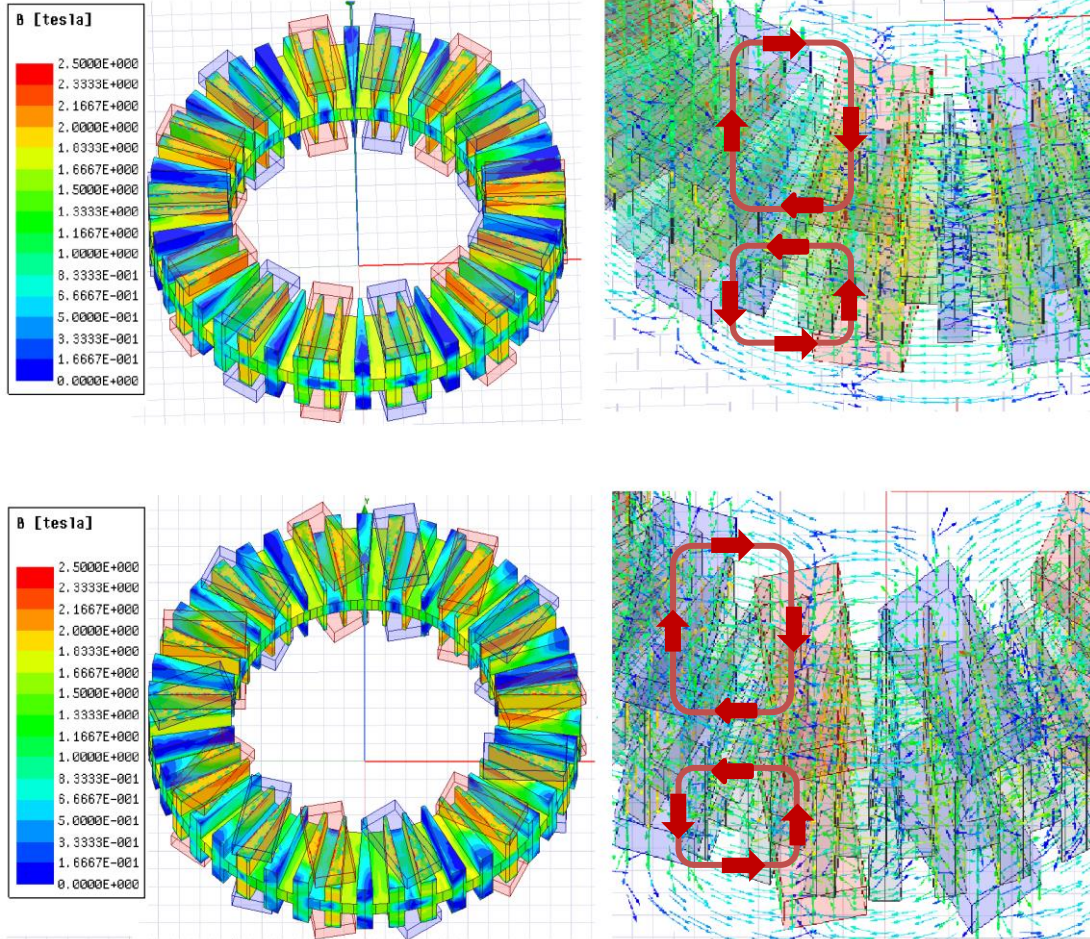


Şekil 3.5 : 2’li gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı
b) 22° kutup yerleştirme açısı.

Şekil 3.6’da 4’lü gruplamada 0° ve 22° için stator yüzeyindeki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arasındaki manyetik akı çizgilerinin dağılımı verilmiştir. Şekil 3.6.a. için 0° durumunda kutupların geneli iki kutup ayağına basmaktadır. Stator ayaklarında manyetik akı dağılımı değerleri incelendiğinde ayak kenarlarında manyetik akı yoğunluğu açısından doyum bölgeleri görülmektedir. Kutup altındaki ayaklar ise 1,83-2,16 Tesla civarındadır.

Şekil 3.6.b’de 22° kutup açısı durumundaki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arası manyetik akı çizgilerinin dağılımı görülmektedir. Kutuplar 0°’ye göre daha fazla kutup

ayağına denk gelmektedir. Bununla birlikte stator nüve ayak kenarlarında ve iç çap kısmında manyetik akı yoğunluğunun ayaklara dağıldığı ve bazı alanlarda doyum bölgeleri görülmektedir.

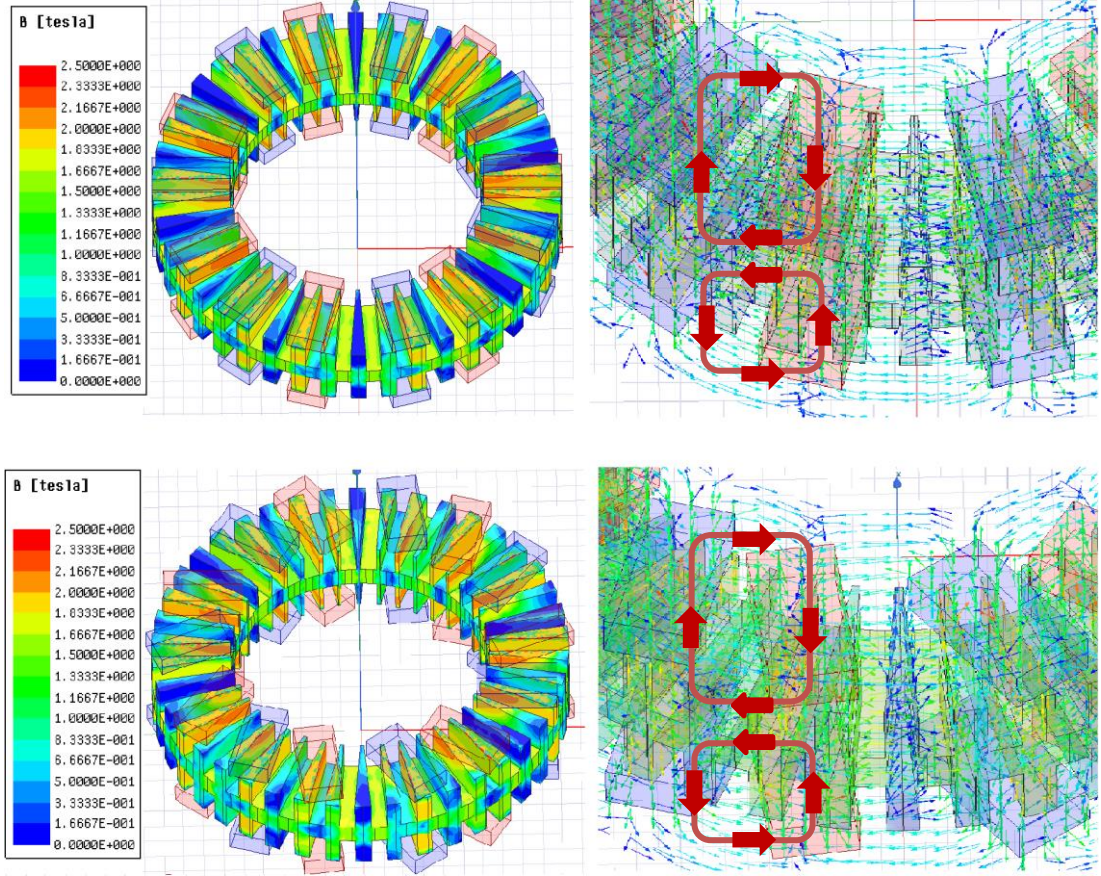


Şekil 3.6 : 4'lü gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı b) 22° kutup yerleştirme açısı.

Şekil 3.7'de 6'lı gruplamada 0° ve 22° için stator yüzeyindeki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arasındaki manyetik akı çizgilerinin dağılımı verilmiştir. Şekil 3.7.a için 0° durumunda kutuplar iki kutup ayağına basmaktadır. Stator ayaklarında manyetik akı dağılımı değerleri incelendiğinde ayak kenarlarında 2-2,33 Tesla civarı bir manyetik akı yoğunluğuna sahip doyum bölgeleri vardır.

Şekil 3.7.b'de 22° kutup açısı durumundaki manyetik akı dağılımı ve kutuplar arası manyetik akı çizgilerinin dağılımı görülmektedir. Kutuplar 0°'ye göre daha fazla kutup

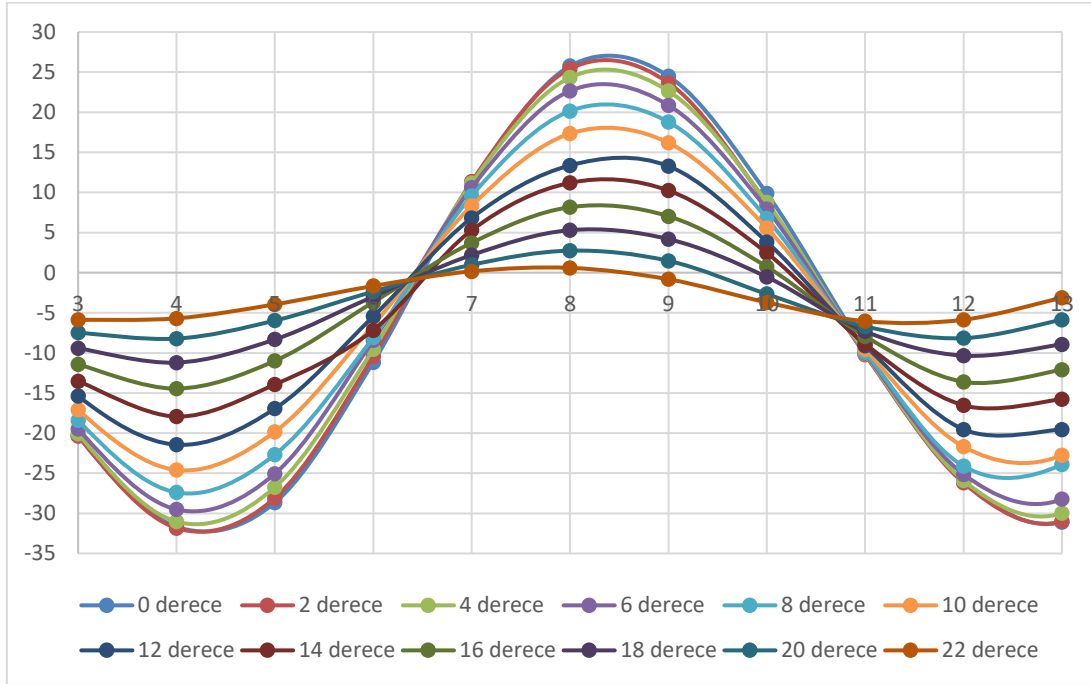
ayağına denk gelmektedir. Bununla birlikte stator nüve ayak kenarlarında manyetik akı yoğunluğunun 2 – 2,16 Tesla aralığında doyum bölgeleri mevcuttur.



Şekil 3.7 : 6'lı gruplama manyetik akı yoğunluğu değişimi a) 0° kutup yerleştirme açısı
b) 22° kutup yerleştirme açısı.

3.2.2. Manyetik analiz sonucu vurutu momenti değerleri

Maxwell analiz yöntemi kullanılarak aksel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerde 2'li 4'lü ve 6'lı mıknatıs gruplaması ve mıknatıs yerleştirme açısının değişimi ile değerler elde edilmiştir.



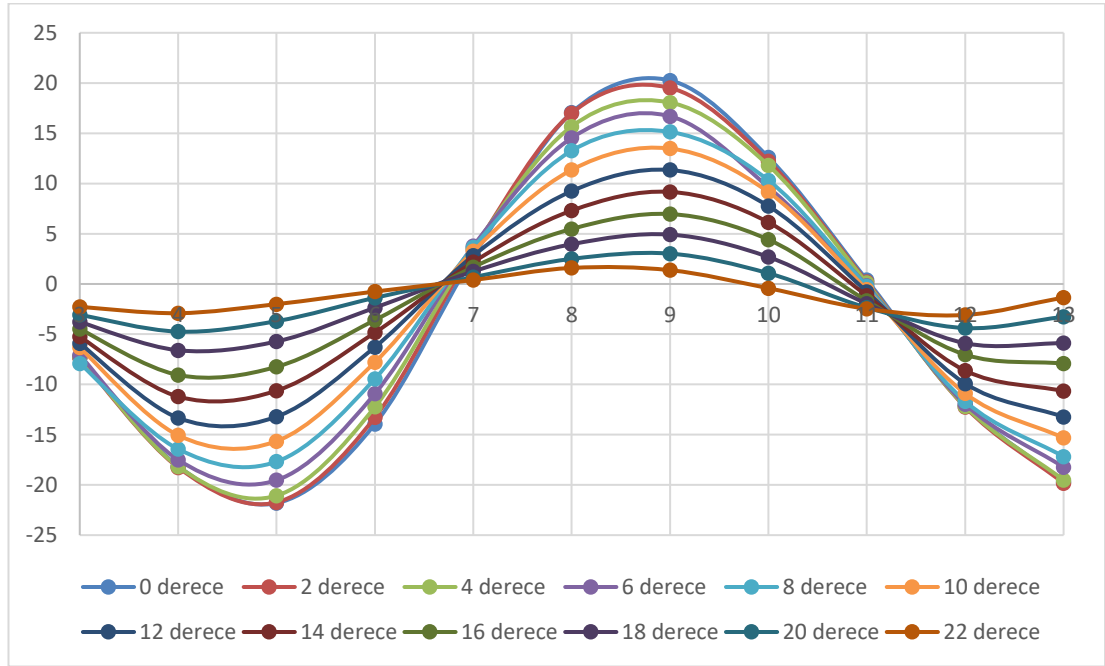
Şekil 3.8 : 2'li gruplama 0°-22° vurutu momenti analiz grafiği.

Mıknatısların ve rotorun dönüşü sağlanmıştır. Böylelikle sargılar uyarıldığında rotorun hareketi ile Şekil 3.8'de ki vurutu momentinin değerleri alınmıştır. 2'li gruplama tekniğinde mıknatıslara 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısının değişimi sonucunda elde edilen analiz değerlerine göre mıknatısların kendi ekseninde döndürölme açısı arttıkça generatörde oluşan vurutu momentinin azaldığı görölmüştür. Şekil 3.9'da görölmekte olan, 0 derecede meydana gelen vurutu moment ile 22 derecede oluşan vurutu momenti arasında % 82 iyileşme olmuştur.



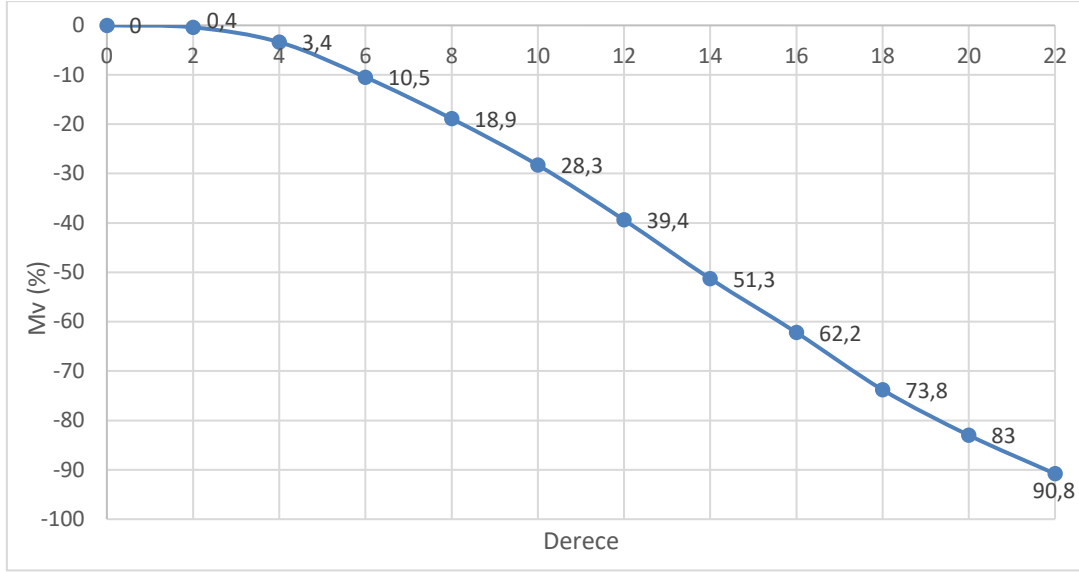
Şekil 3.9 : 2'li grupta 0°-22° vuruntu momenti yüzdelik değişimi.

4'lü grupta tekniğinde mıknatıslara 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısının değişimi sonucunda Şekil 3.10'da elde edilen analiz değerlerine göre mıknatısların kendi eksenleri etrafında döndürülme açısı arttıkça generatörde oluşan vuruntu momentinin azaldığı görülmüştür.



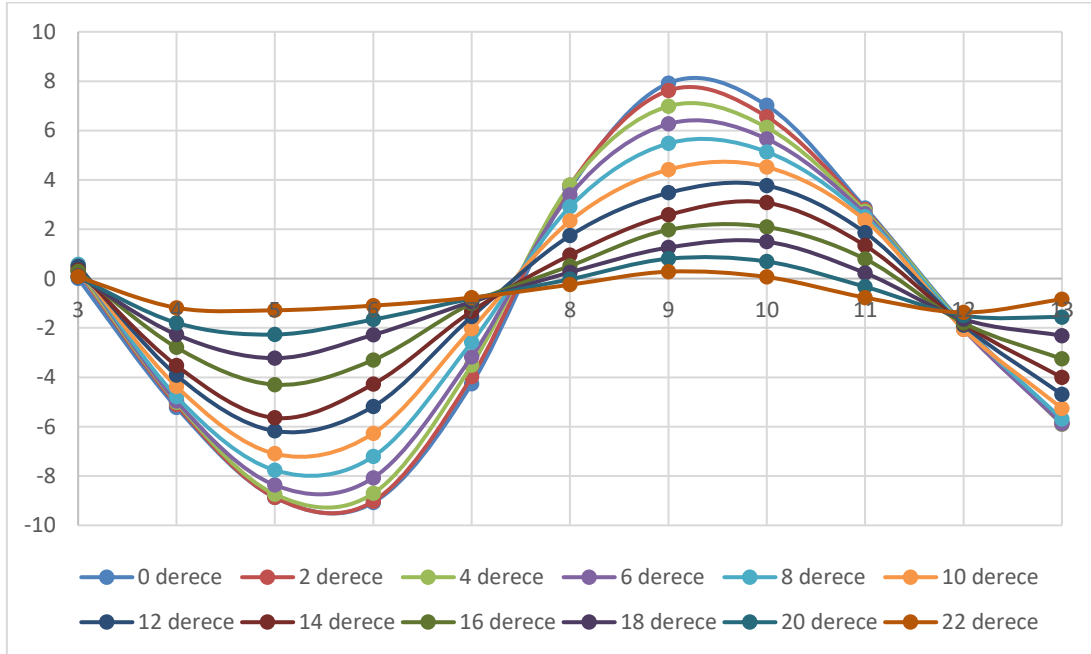
Şekil 3.10 : 4'lü grupta 0°-22° vuruntu momenti analiz grafiği.

Şekil 3.11'de görülmekte olan, 0 derecede meydana gelen vuruntu moment ile 22 derecede oluşan vuruntu momentleri arasında % 90,8 iyileşme olmuştur.



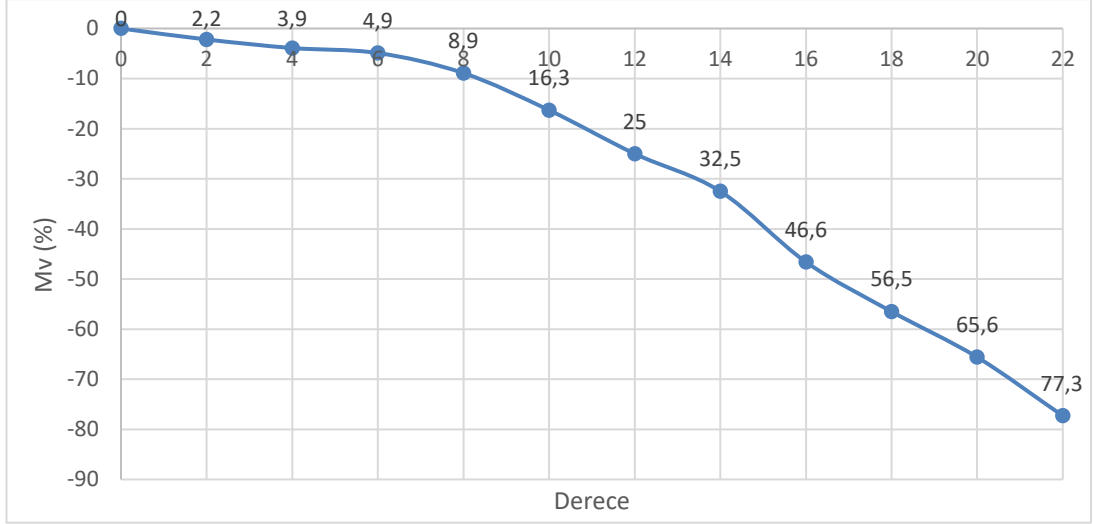
Şekil 3.11 : 4'lü gruplama 0°-22° vurutu momenti yüzdelik değişimi.

6'lı gruplama tekniğinde mıknatıslara 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısının değişimi sonucunda Şekil 3.12'de elde edilen analiz değerlerine göre mıknatısların kendi eksenleri etrafında döndürülme açısı arttıkça generatörde oluşan vurutu momentinin azaldığı görülmüştür.



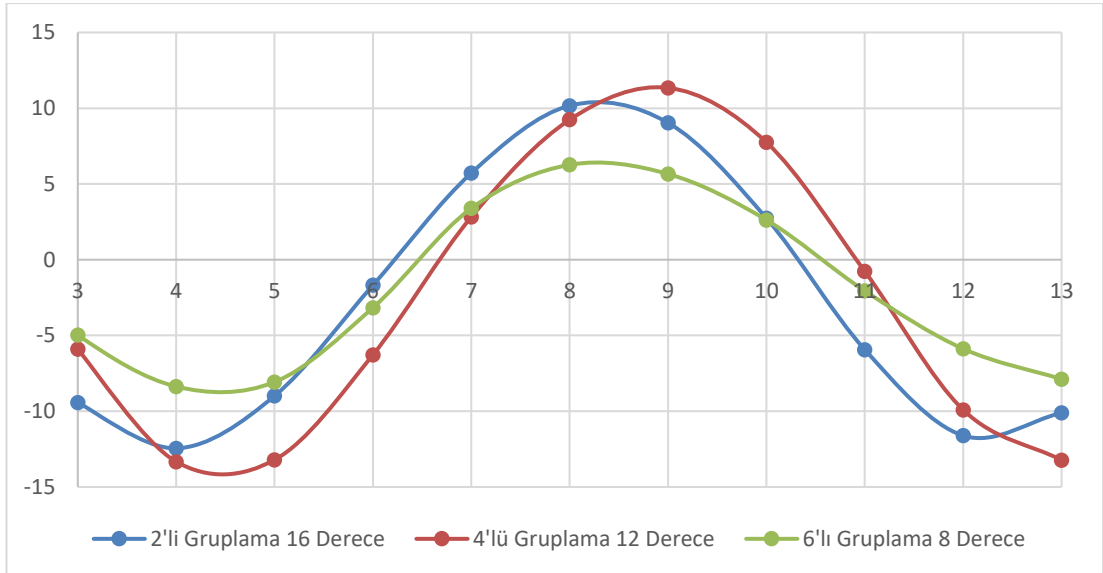
Şekil 3.12 : 6'lı gruplama 0°-22° vurutu momenti analiz grafiği.

Şekil 3.13'da görülmekte olan, 0 derecede meydana gelen vurutu moment ile 22 derecede oluşan vurutu momenti arasında % 77,3 iyileşme olmuştur.



Şekil 3.13 : 6'lı gruplama 0°-22° vuruñtu momenti yüzdelik değışimi.

Deneysel tasarımın uygulanması sonucunda elde edilen 2'li gruplamada 16 derece, 4'lü gruplamada 12 derece ve 6'lı gruplama da 8 derece alınan optimum değerlere ait Maxwell analiz yöntemi ile elde edilen vuruñtu momenti grafiği Şekil 3.14'de gösterilmektedir. Deneysel tasarım sonuçları ile Maxwell analizi sonuçlarında alınan değerler birbirini destekler niteliktedir. 2'li, 4'lü ve 6'lı gruplamalara ilişkin optimum derecelerde alınan değerler grafiksel olarak görünmekte ve birbirine yakıñlık göstermektedir.



Şekil 3.14 : 2'li, 4'lü, 6'lı gruplama optimum değerler vuruñtu momenti analizi.

3.3. Tasarımın Uygulanması

Tasarım temelde stator, rotor ve gövde-kapaklar olmak üzere üç parçadan meydana gelmektedir. Mıknatıs yerleştirme açısının değişimi ve gruplama tekniği kullanılarak yapılan deneyde yararlanılan aksenal akılı sürekli mıknatıslı senkron generatörün bölümleri aşağıda açıklanmaktadır.

3.3.1. Stator

13 cm çapa, 8 cm genişliğe ve toplam 42 adet oluğa sahip silisyum sacına bakır sargının olukların her birine troidal şekilde sarılması ile elde edilen 21 cm çapında nüve demiri kullanılmıştır. Her faz için 14 sargı sarılmasıyla 3 faz 42 oluk ve 14 mıknatıs kutbuna sahip statorda bağlantı uçlarının girişi girişe, çıkışı çıkışa denk gelecek şekilde bağlantılıdır. Tasarımda kullanılmış generatörde statorun faz-faz direnci 10 ohm, faz-nötr direnci 5,2 ohm değerindedir. Statorun sargısız hali ve sargı işlemi uygulandıktan sonraki hali şekil 3.15’de görülmektedir.



Şekil 3.15 : Sargısız ve sarım yapılmış stator.

3.3.2. Rotor

Eksenal akılı sürekli mıknatıslı generatörün rotoru şekil 3.17’de görülmektedir. Her mıknatıs gruplamasına uygun ve gruplar arasında 30 derecelik açı olacak şekilde hazırlanan 2’li, 4’lü ve 6’lı olmak üzere 3 ayrı rotor kalıbı kullanılmıştır.

3.3.3. Mıknatıs tutma aparatı

Mıknatıs gruplama tekniğine ilave olarak mıknatıs yerleştirme açısının değişimi tekniği tasarımın temel noktalarından biridir.

Mıknatıslar güçlü yapıştırıcılar ile mıknatıs tutma aparatlarına yapıştırılarak her grup için aynı mıknatıslardan yararlanma sağlanmıştır. Mıknatısların sabitlendiği parçalar şekil 3.16’da gösterilmiştir. Bu aparatların kullanımı mıknatısların kendi ekseninde dönecek şekilde verilecek her mıknatıs yerleştirme açısının değişimi sırasında rotorun generatörden ayrılmasına gerek kalmamıştır.

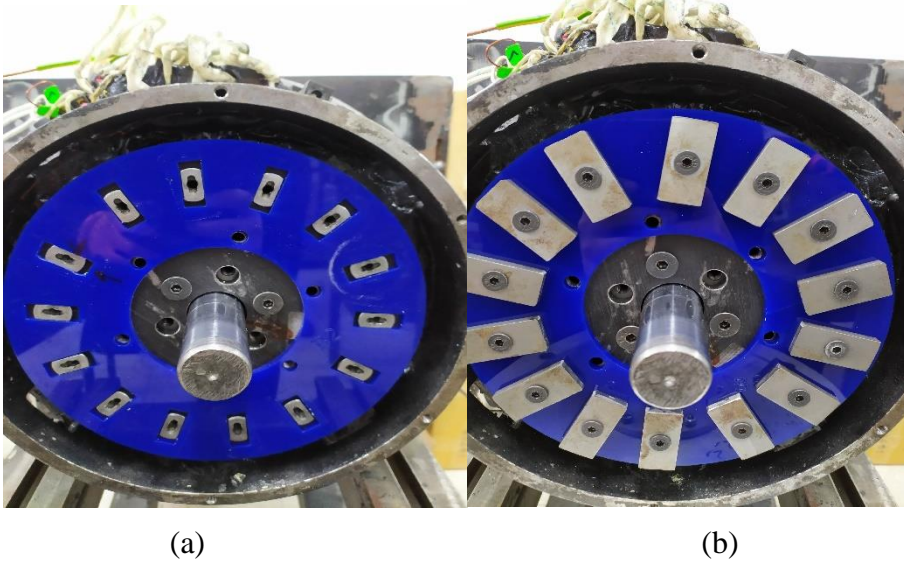


Şekil 3.16 : Mıknatıs tutma aparatı.

3.3.4. Pleksi kalıplar

Çalışmada kullanılmak üzere 2’li, 4’lü ve 6’lı gruplar için 12 şer adet olmak üzere toplam 36 adet pleksi kalıbı Autocad çizim programı kullanılarak özel tasarlanmış ve lazer kesim teknolojisiyle üretilmiştir. Mıknatısların üretilen özel pleksi kalıplar yardımıyla 0 dereceden 22 dereceye kadar istenilen açı verilerek demir rotor yüzeyine vida ile sabitlenmesi sağlanmıştır. Pleksi kalıplar doğru mıknatıs açısının oluşturulmasında rehberlik etmektedir.

Mıknatıs yerleştirme açısının değişimi amacıyla uygulanan birkaç adım bulunmaktadır. Rotor kapağının sökülmesi, mıknatıs kutuplarında küçük açı değişimleri sağlanması, açığa uygun özel pleksi kalıbın yerleştirilmesi ve vida ile sabitlenmesi deney düzeneğinin oluşturulma aşamalarıdır. Üretilen özel pleksi kalıplar şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17 : a) Pleksi kalıp b) Pleksi kalıbın rotora montajı.

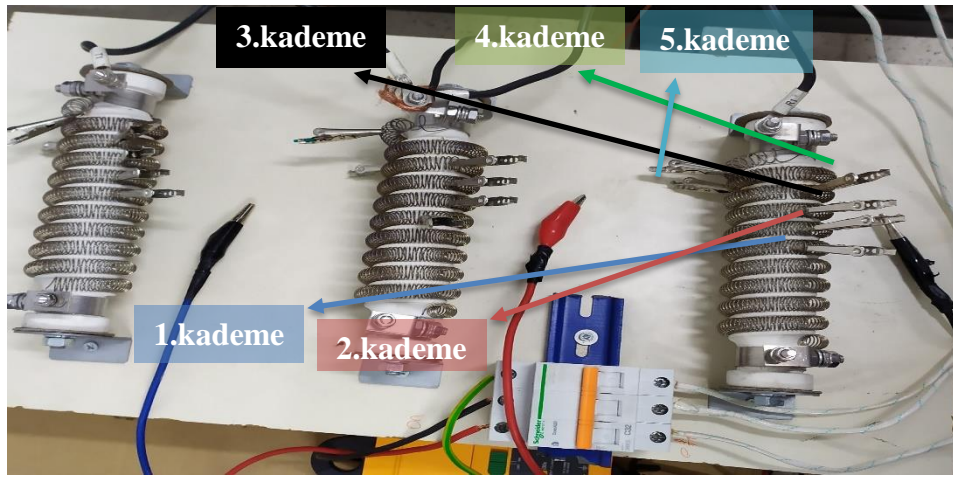
3.3.5. Deney düzeneği ve yük kademeleri

Eksenel akıllı sürekli mıknatıslı senkron generatörlerde mıknatıs açısı ve mıknatıs gruplama tekniklerinin vuruğu momenti üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmaya ait deney düzeneği şekil 3.18’de gösterilmektedir. Düzenekte vuruğu momenti değerini elde etmek için 8864 model moment sensöründen yararlanılmıştır. Tahrik motoru görevinde asenkron motor, tahrik motorunun bilgisayardan kontrol edilmesi ve değerlerin alınmasında bilgisayar, ABB ACS 8850 model sürücü ve bilgisayar bağlantı adaptörü, akım eğrisi, gerilim eğrisi ve harmonik analizi belirlemede Fluke 434 model güç analizörü, generatörün dönüş hızını düşürmek için dişli sistem kullanılmıştır.

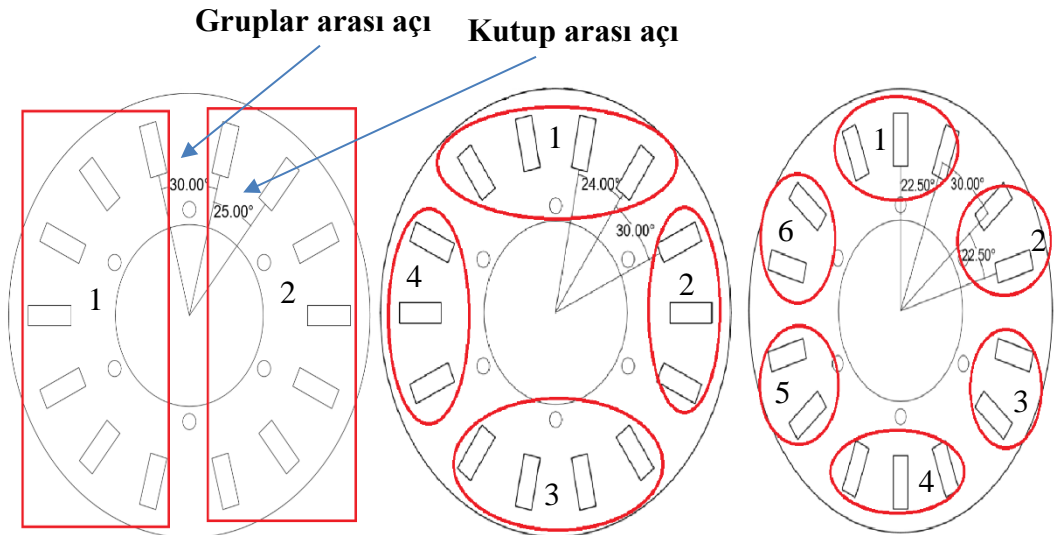


Şekil 3.18 : Deney düzeneği.

Deney düzeneğinde bulunan sonuçlar mıknatıs grupları arası 30 derecelik açıda 2'li, 4'lü ve 6'lı mıknatıs gruplamasıyla ve mıknatıslara kendi ekseninde 0'dan 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı verilerek elde edilmiştir. Bu kombinasyonların her biri yüksüz, 1., 2., 3., 4., ve 5. kademe yük yüklenerek çalıştırılmıştır. 1. kademe 35,4 ohm, 2. kademe 29,2 ohm, 3. kademe 22,3 ohm, 4. kademe 15,7 ohm ve 5. kademe 12,8 ohm yük kademesi yaratmaktadır. Generatörün yüklü halde çalışması için her faza 60,5 ohm değerinde direnç kullanılmıştır. Yüklü çalıştırılabilmesi için her faz başına olmak üzere 3 adet, her bir rezistans değeri 60,5 ohm olan direnç kullanılmıştır.



Şekil 3.19 : Yük kademeleri.



Şekil 3.20 : 2'li, 4'lü, 6'lı gruplama Autocad tasarımı.

Autocad çizim programı üzerinden tasarımı yapılan; 2'li mıknatıs gruplamasında gruplar arasında 30 derecelik bir açı bulunurken grup içerisinde 25 derecelik bir açı; 4'lü mıknatıs gruplamasında gruplar arasında 30 derecelik bir açı bulunurken grup içerisinde 24 derece; 6'lı mıknatıs gruplamasında gruplar arası 30 derecelik açı bulunurken mıknatıs grupları içinde 22,5 derecelik bir açı olacak şekilde şekil 3.20'de görüldüğü gibi tasarlanmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI

Günümüzde Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı Senkron Generatörlerin avantajları göz önüne alındığında sıklıkla tercih edildikleri görülmektedir. Bu durum EASM senkron generatörün deneysel çalışmalarda çokça yer almasını sağlamıştır. Generatörün verimliliğini ve performansını arttırmak için kullanılan birçok teknik çalışma konularını şekillendirmiştir. Performansı etkileyen en önemli sorunlardan biri vuruğu momentidir. Vuruğu momentinin giderilmesi amacıyla rotor ve stator tarafına uygulanan farklı teknikler mevcuttur. Bu çalışmada rotor tarafına uygulanan tekniklerden olan mıknatıs gruplama ve mıknatıslara yerleştirme açısı verilmesi teknikleri kullanılmıştır. Yerleştirme açısı mıknatısların kendi eksenini etrafında döndürülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Mıknatıslar 2'li grup, 4'lü grup ve 6'lı grup olmak üzere 3 farklı şekilde pleksiler oluşturularak gruplandırılmıştır. Her gruplama tekniğı (2'li-4'lü-6'lı) içinde yer alan mıknatıs grupları arasında 30 derecelik mıknatıs açısı bulunmaktadır. Mıknatısların kendi eksenini etrafında 0 dereceden 22 dereceye kadar 2'şer derece artırılarak döndürülmesi ile mıknatıslara yerleştirme açısı verme tekniğı uygulanmıştır. Her derece (0-2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22 derece) generatör yüksüz ve 5 kademe (1.-2.-3.-4.-5. kademe) yük yüklenerek çalıştırılmış ve hat gerilim eğrileri, gerilim harmonikleri, vuruğu momenti, verim gibi çeşitli değerler elde edilmiştir.

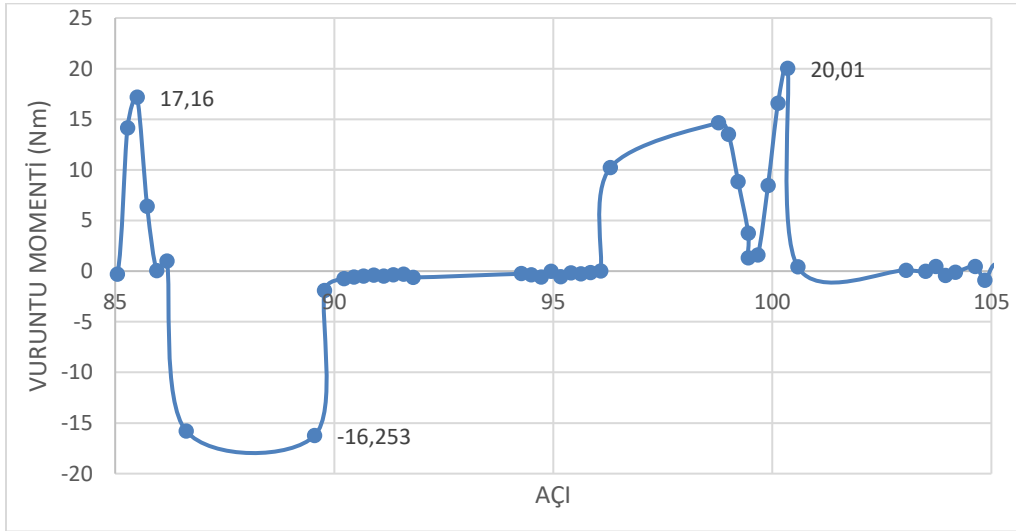
Kutuplar arası mıknatıs gruplaması yapılmadan (0'lı gruplama) 0 derece mıknatıs yerleştirme açısında 1. yük kademesi altında frekans $f=50,63$ Hz, hat gerilimi $U_{hat}=121,5$ V, hat akımı $I_{hat}=2,43$ A, gerilim harmoniğı $THd_U= \%7,1$, $THd_I= \%7,1$, giriş gücü $P_g= 630,14$ watt, çıkış gücü $P_ç=510,77$ watt, vuruğu momenti $M_v=52,07$ Nm değerleri elde edilmiştir. %81 oranında verim sağlanmıştır. Bu çalışmada 2'li, 4'lü ve 6'lı gruplama ile mıknatıs yerleştirme açısı kullanılarak yapılan hibrid tasarımdan alınan değerler kıyaslanmıştır.

4.1. 2'li Grublama Tekniği Sonuçlar

14 mıknatısın 2'li grup haline getirilmesi ve mıknatıs grupları arası 30 derecelik açı bulunması ile oluşan deney setidir.

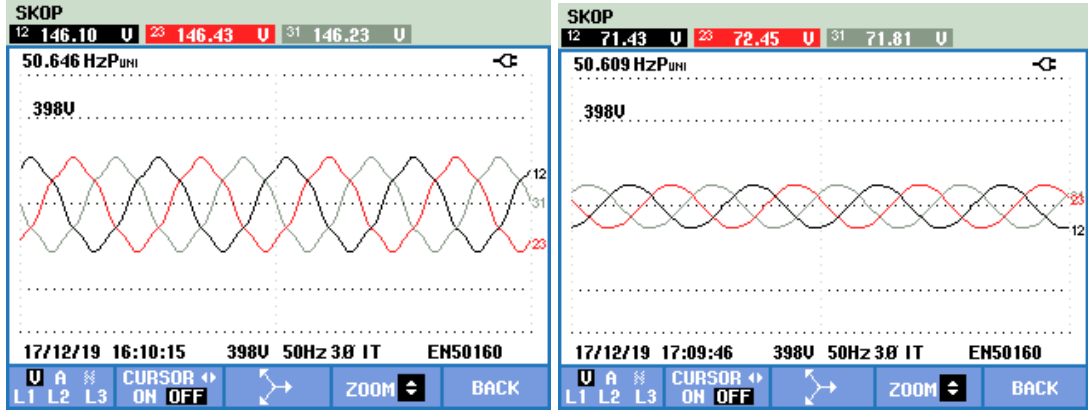
4.1.1. 2'li grublama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Moment salınımı (-16,253)-(20,01) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 36,263 Nm ve ortalama moment salınımı 1,01 Nm'dir.



Şekil 4.1 : 2'li grublama 0° vuruntu momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.2'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=146,1$ V, frekansı $f=50,646$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=71,43$ V, frekansı $f=50,609$ Hz'dir.

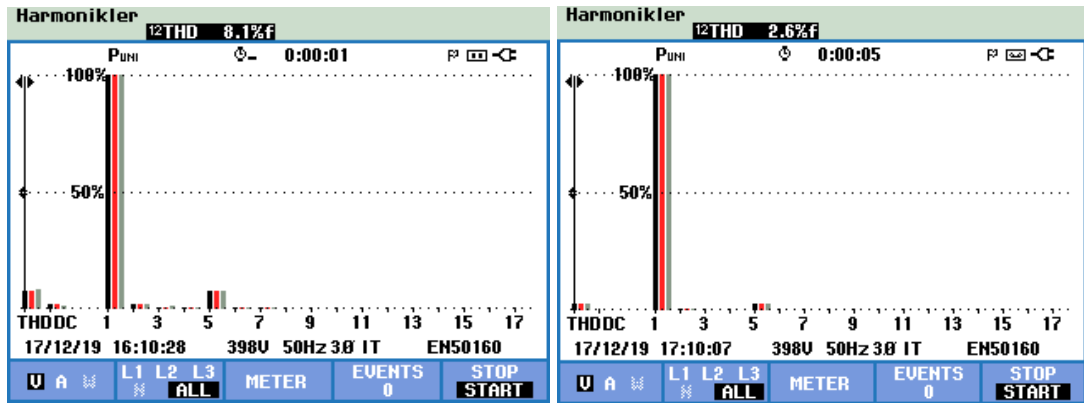


(a)

(b)

Şekil 4.2 : 2'li gruplama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.3'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %8,1, 5. kademe de %2,6 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.3 : 2'li gruplama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.1'de 2'li grup 0° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

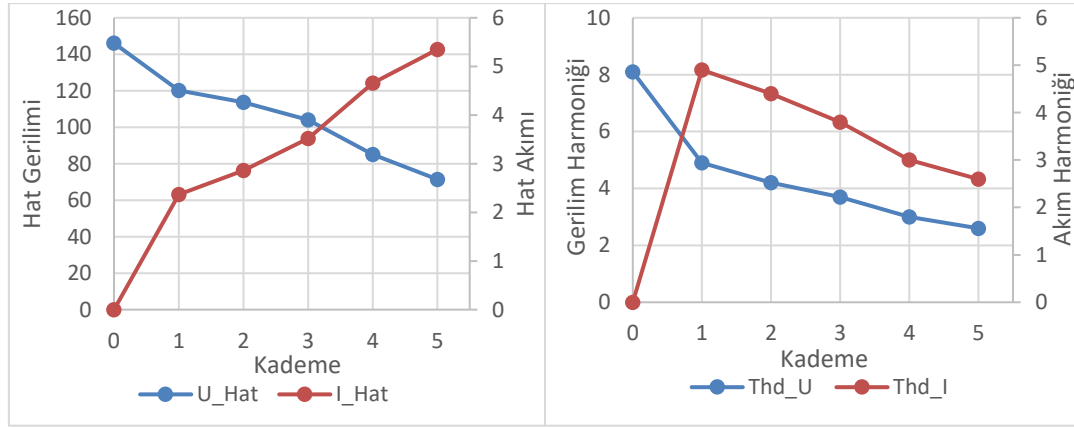
Çizelge 4.1 : 2'li gruplama 0° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 0°	0	50,646	146,1	0	8,1	0
	1	50,62	120,24	2,37	4,9	4,9
	2	50,622	113,72	2,86	4,2	4,4
	3	50,622	103,99	3,52	3,7	3,8
	4	50,609	85,08	4,66	3	3
	5	50,609	71,43	5,35	2,6	2,6

Şekil 4.4'de 2'li grup 0° mknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 146,1 V'dan 5. kademede 71,43 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,37 A'den 5. kademede 5,35 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 8,1 V'dan 5. kademede 2,6 V'a, akım harmoniği 1. kademede 4,9 A'den 5. kademede 2,6 A'e azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.4 : 2'li gruplama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

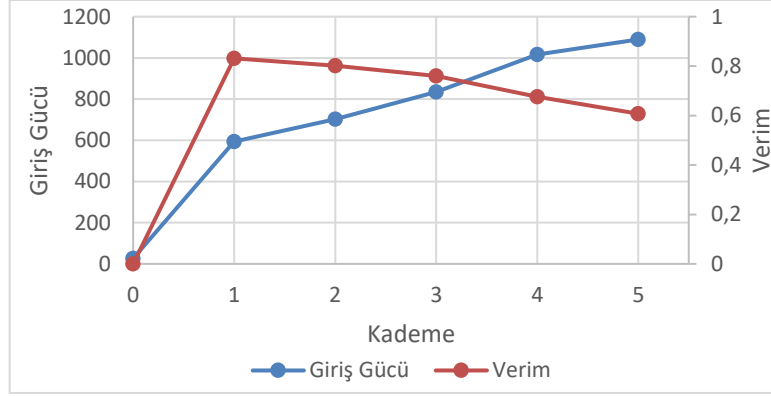
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.2'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 : 2'li gruplama 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,588	26,72	0
1	13,07	593,55	0,832
2	15,475	702,80	0,802
3	18,371	834,32	0,76
4	22,392	1016,68	0,675
5	23,994	1089,41	0,608

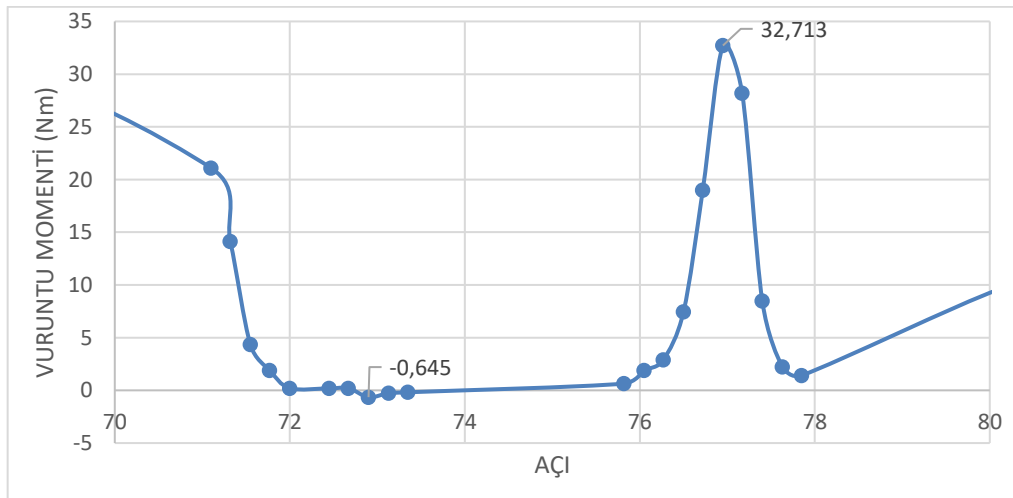
Şekil 4.5’de 2’li grup 0° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.5 : 2’li gruplama 0° giriş gücü ve verim değişimi.

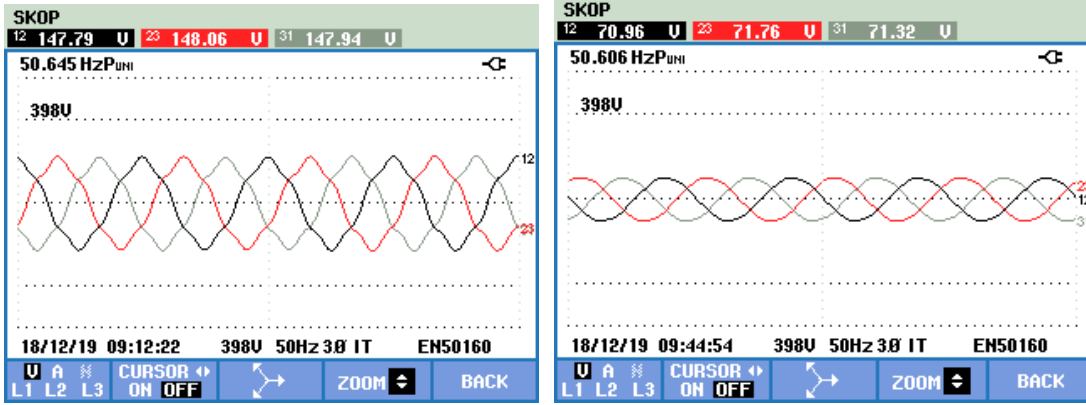
4.1.2. 2’li gruplama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Şekil 4.6’te verilmiştir. Moment salınımı (-0,645)-(32,713) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 33,358 Nm ve ortalama moment salınımı 4,255 Nm’dir.



Şekil 4.6 : 2’li gruplama 2° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.7’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=147,79$ V ve frekans $f=50,645$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=70,96$ V, frekansı $f=50,606$ Hz’dir.

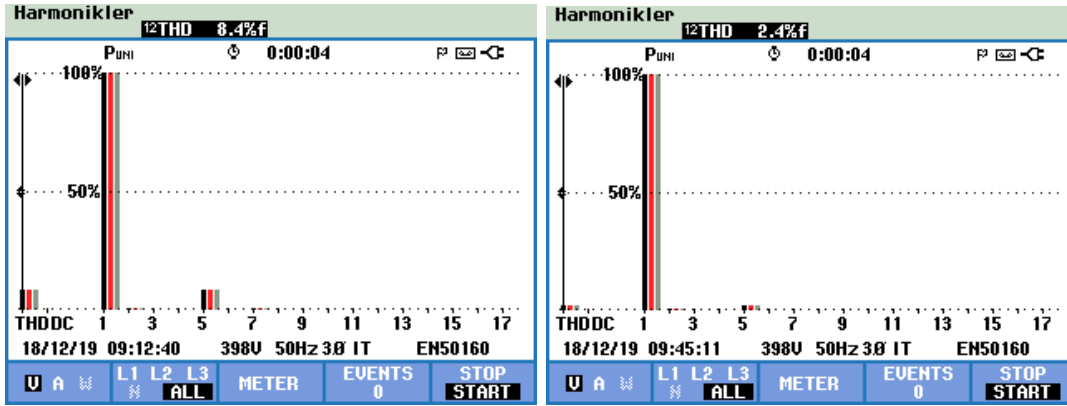


(a)

(b)

Şekil 4.7 : 2’li gruplama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.8’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %8,4, 5. kademede %2,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.8 : 2’li gruplama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.3’de 2’li grup 2° mknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

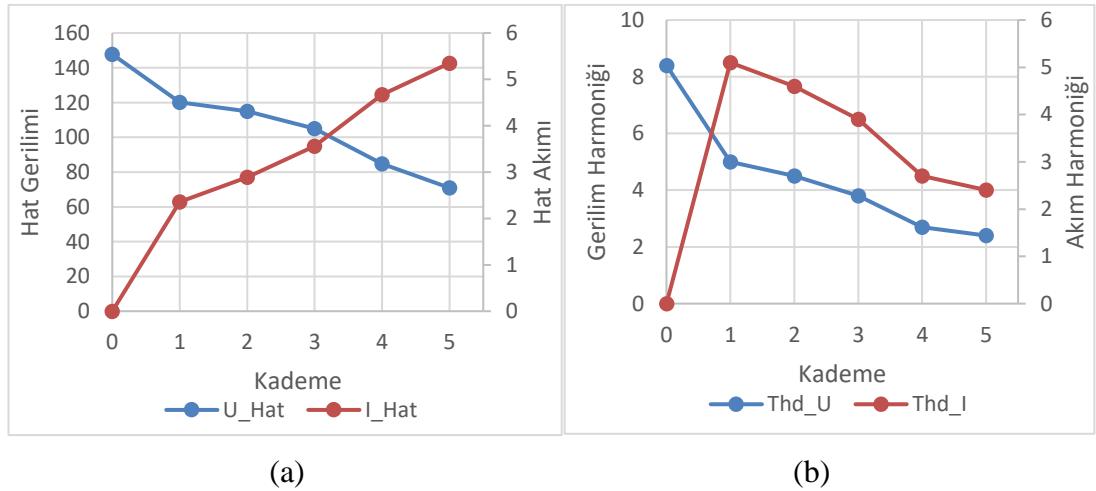
Çizelge 4.3 : 2'li grupta 2° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
2'li grupta 2°	0	50,645	147,79	0	8,4	0
	1	50,617	120,12	2,36	5	5,1
	2	50,621	114,9	2,89	4,5	4,6
	3	50,613	105,12	3,56	3,8	3,9
	4	50,605	84,77	4,67	2,7	2,7
	5	50,606	70,96	5,35	2,4	2,4

Şekil 4.9'de 2'li grup 2° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 147,79 V'dan 5. kademedeki 70,96 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,36 A'den 5. kademedeki 5,35 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 8,4 V'dan 5. kademedeki 2,4 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 5,1 A'den 5. kademedeki 2,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.9 : 2'li grupta 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

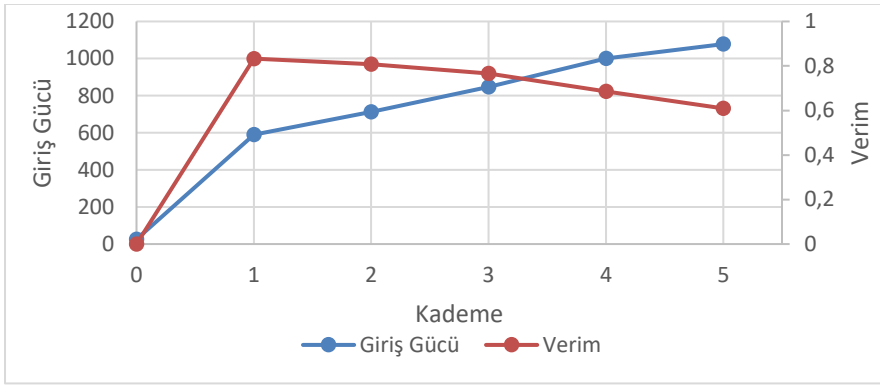
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.4'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 : 2’li gruplama 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,568	25,81	0
1	12,98	589,40	0,833
2	15,675	575,20	0,808
3	18,646	846,70	0,766
4	22,024	999,90	0,686
5	23,74	1077,83	0,61

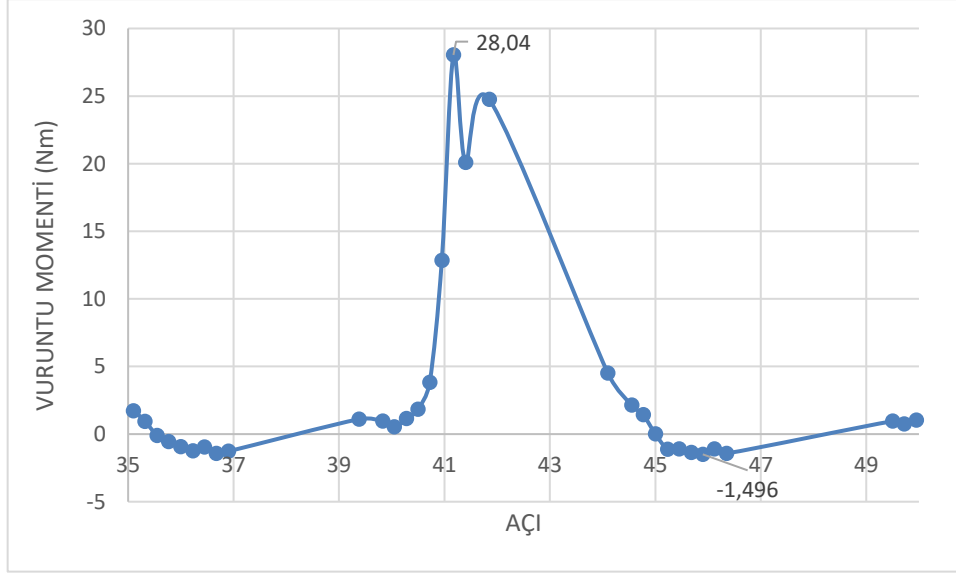
Şekil 4.10’da 2’li grup 2° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.10 : 2’li gruplama 2° giriş gücü ve verim değişimi.

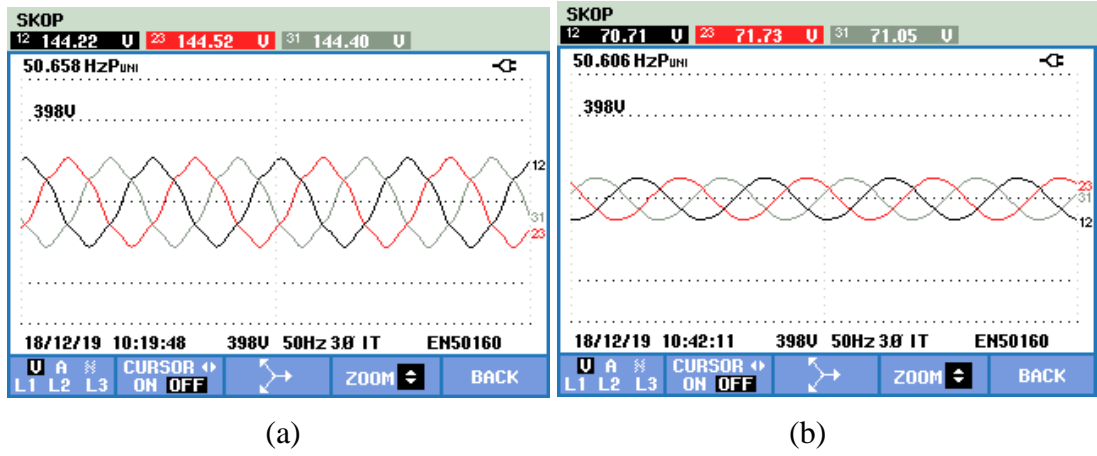
4.1.3. 2’li gruplama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruğu momenti değerleri Şekil 4.11’de verilmiştir. Moment salınımı (-1,496)-(28,04) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 29,536 Nm ve ortalama moment salınımı 3,851 Nm’dir.



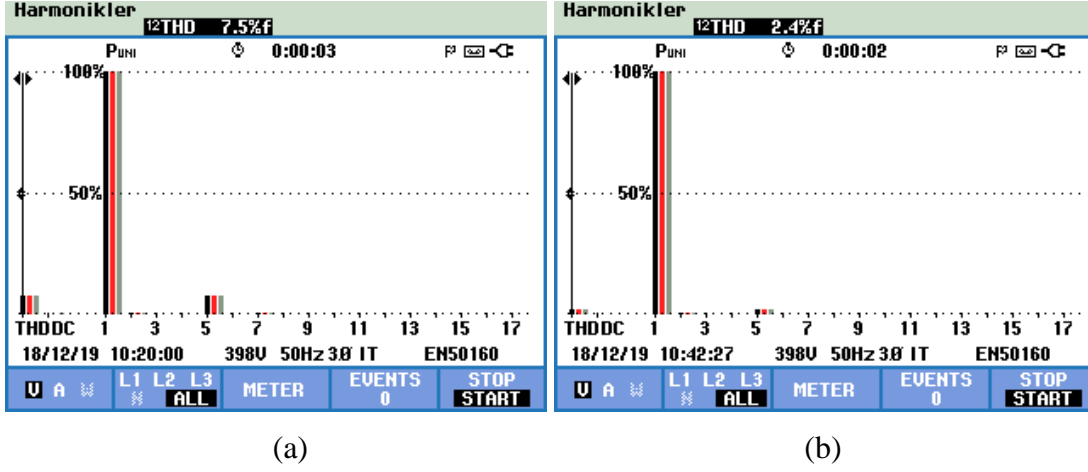
Şekil 4.11 : 2'li gruplama 4° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.12'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=144,22$ V, frekansı $f=50,658$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=70,71$ V, frekansı $f=50,606$ Hz'dir.



Şekil 4.12 : 2'li gruplama 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.13'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %7,5, 5. kademede %2,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13 : 2'li gruplama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.5'de 2'li grup 4° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

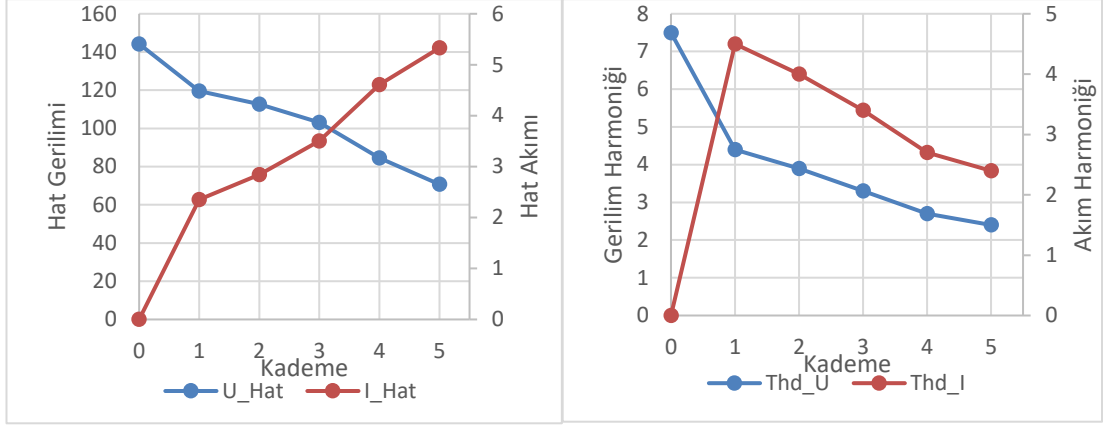
Çizelge 4.5 : 2'li gruplama 4° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 4°	0	50,658	144,22	0	0	0
	1	50,63	119,6	2,35	4,4	4,5
	2	50,623	112,74	2,84	3,9	4
	3	50,611	103,19	3,5	3,3	3,4
	4	50,61	84,45	4,61	2,7	2,7
	5	50,606	70,71	5,33	2,4	2,4

Şekil 4.14'de 2'li grup 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 144,22 V'dan 5. kademedeki 70,71 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,35 A'den 5. kademedeki 5,33 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,4 V'dan 5. kademedeki 2,4 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 4,5 A'den 5. kademedeki 2,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.14 : 2'li gruplama 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

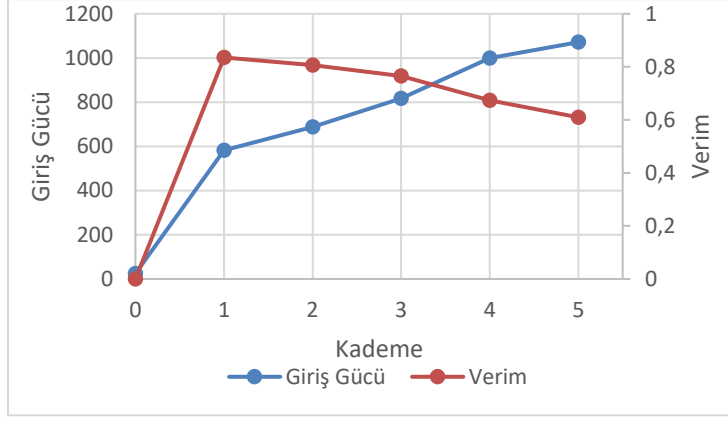
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.6'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.6 : 2'li gruplama 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,5433	24,69	0
1	12,832	582,85	0,835
2	15,142	687,71	0,806
3	18,005	817,52	0,765
4	22,029	1000,23	0,674
5	23,6	1071,45	0,609

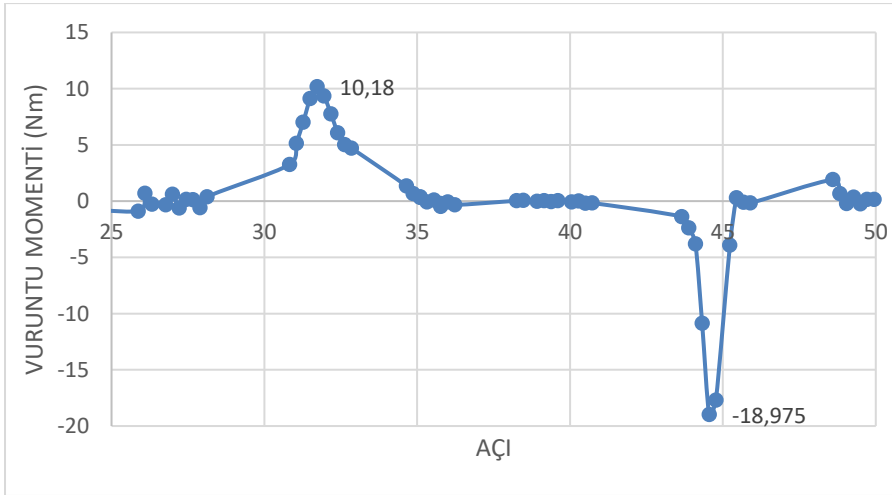
Şekil 4.15'de 2'li grup 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafıksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.15 : 2'li grupta 4° giriş gücü ve verim değişimi.

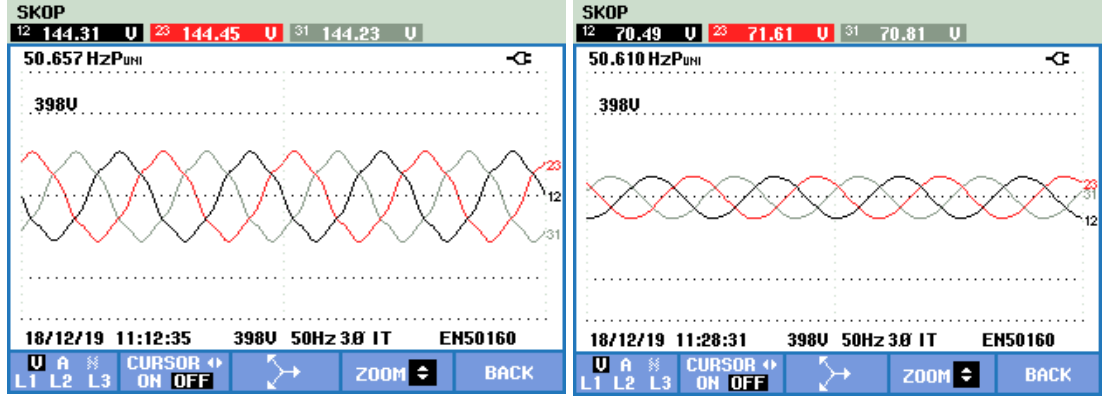
4.1.4. 2'li grupta 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Moment salınımı (-18,975)-(10,18) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 29,155 Nm ve ortalama moment salınımı -0,125 Nm'dir.



Şekil 4.16 : 2'li grupta 6° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademe elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.17'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=144,31$ V ve frekansı $f=50,657$ Hz ve 5. kademe hat gerilimi $U_{hat}=70,49$ V, frekansı $f=50,61$ Hz'dir.

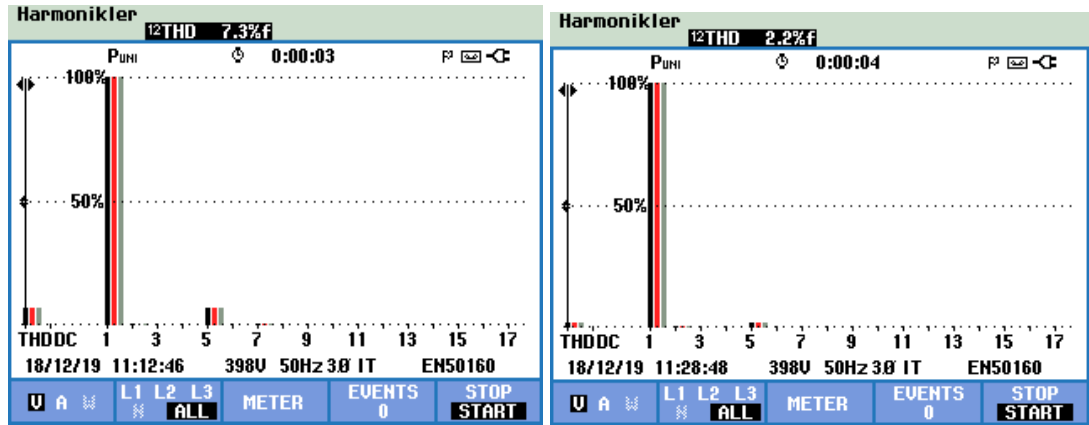


(a)

(b)

Şekil 4.17 : 2'li gruplama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.18'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %7,3, 5. kademe de %2,2 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.18 : 2'li gruplama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.7'de 2'li grup 6° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

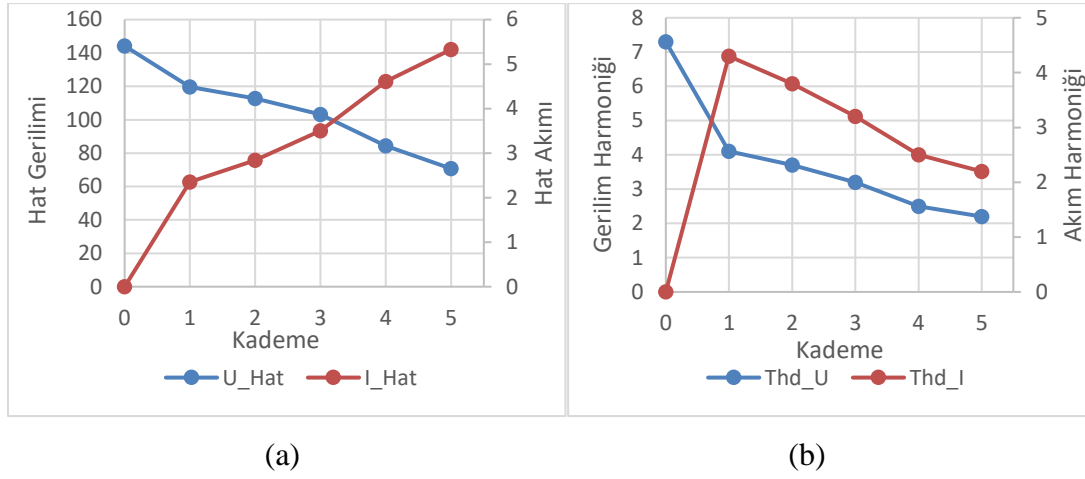
Çizelge 4.7 : 2'li gruplama 6° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 6°	0	50,657	144,31	0	7,3	0
	1	50,627	119,01	2,34	4,1	4,3
	2	50,614	112,56	2,83	3,7	3,8
	3	50,624	102,99	3,48	3,2	3,2
	4	50,615	84,34	4,6	2,5	2,5
	5	50,61	70,49	5,31	2,2	2,2

Şekil 4.19'da 2'li grup 6° mıknaıtı yerleştirme açısında yk kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 144,31 V'dan 5. kademede 70,49 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,34 A'den 5. kademede 5,31 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıca hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 7,3 V'dan 5. kademede 2,2 V'a, akım harmoniği 1. kademede 4,3 A'den 5. kademede 2,2 A'e azalmaktadır. Yük kademesi arttıca hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.19 : 2'li gruplama 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

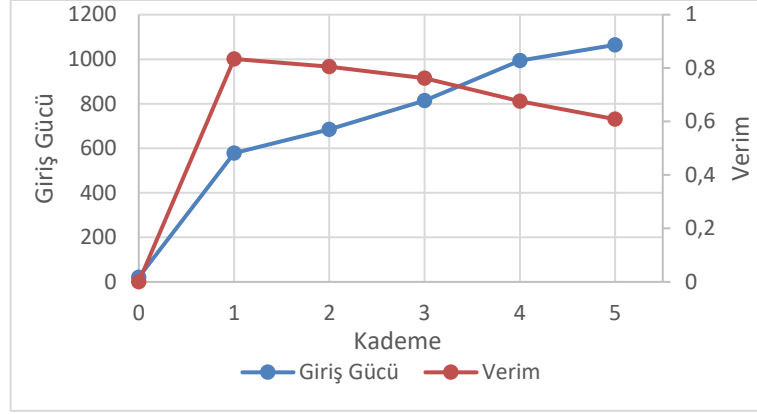
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.8'de yk kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.8 : 2'li gruplama 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,4672	21,23	0
1	12,731	578,23	0,834
2	15,089	685,14	0,805
3	17,935	814,54	0,762
4	21,896	994,25	0,676
5	23,441	1064,32	0,609

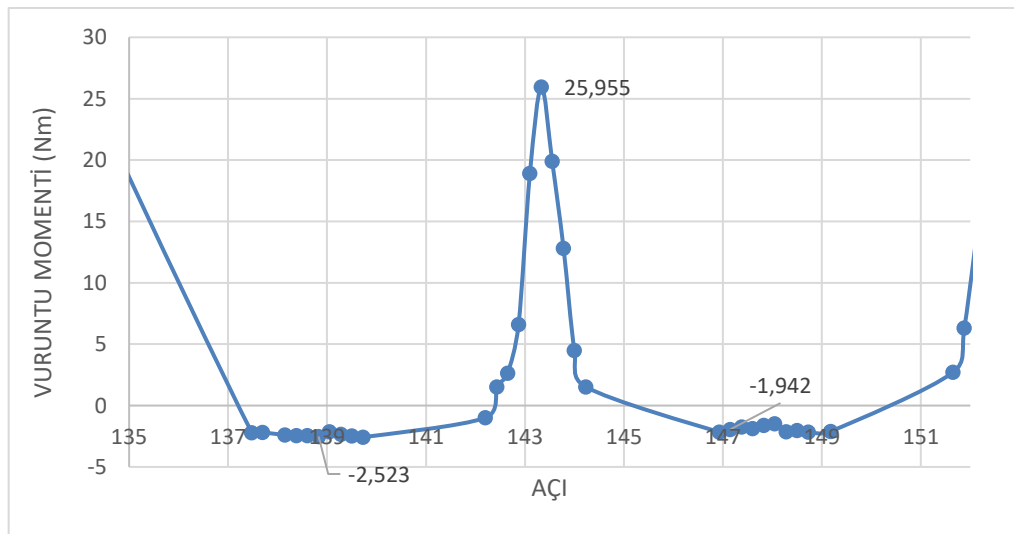
Şekil 4.20’de 2’li grup 6° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.20 : 2’li gruplama 6° giriş gücü ve verim değişimi.

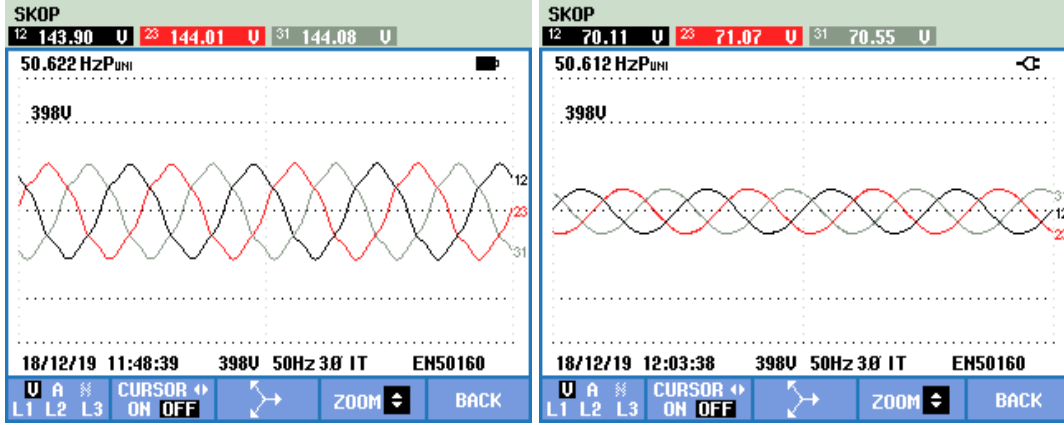
4.1.5. 2’li gruplama 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vurutu momenti değerleri Şekil 4.21’de verilmiştir. Moment salınımı (-2,523)-(25,955) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 28,478 Nm ve ortalama moment salınımı 1,178 Nm’dir.



Şekil 4.21 : 2’li gruplama 8° vurutu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.22’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=143,9$ V, frekansı $f=50,622$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=70,11$ V, frekansı $f=50,612$ Hz’dir.

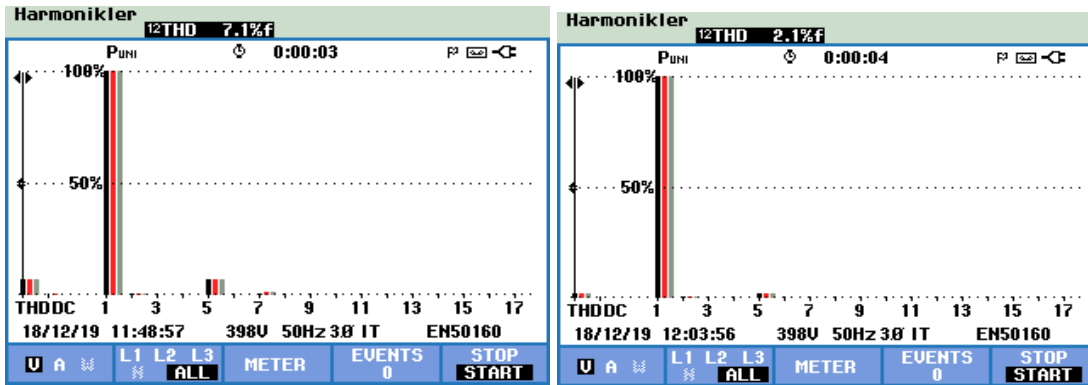


(a)

(b)

Şekil 4.22 : 2’li gruplama 8° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.23’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %7,1, 5. kademede %2,1 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.23 : 2’li gruplama 8° 3 Faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.9’da 2’li gruplama 8° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

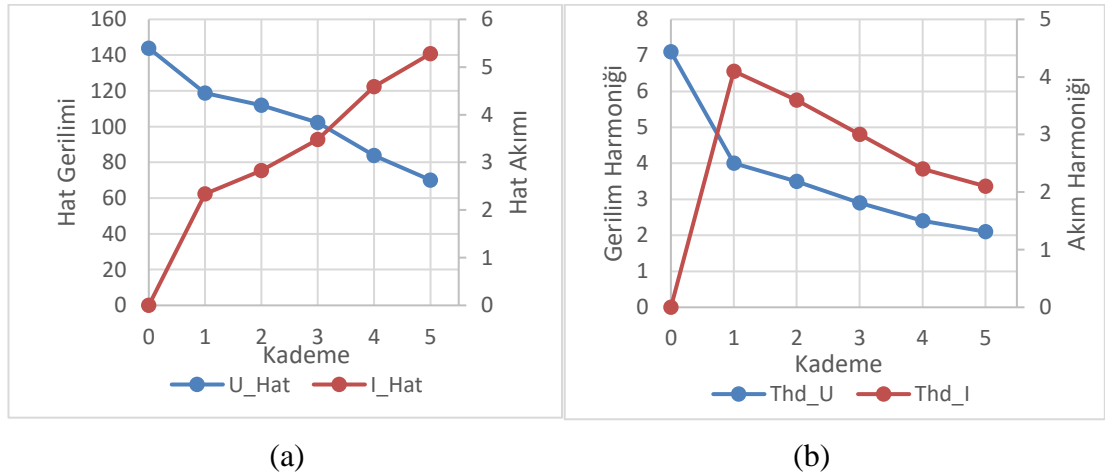
Çizelge 4.9 : 2'li gruplama 8° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
2'li gruplama 8°	0	50,622	143,9	0	7,1	0
	1	50,622	118,68	2,34	4	4,1
	2	50,62	112,03	2,83	3,5	3,6
	3	50,617	102,35	3,48	2,9	3
	4	50,612	83,82	4,59	2,4	2,4
	5	50,612	70,11	5,28	2,1	2,1

Şekil 4.24'de 2'li gruplama 8° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 143,9 V'dan 5. kademedeki 70,11 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,34 A'den 5. kademedeki 5,28 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 7,1 V'dan 5. kademedeki 2,1 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 4,1 A'den 5. kademedeki 2,1 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.24 : 2'li gruplama 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

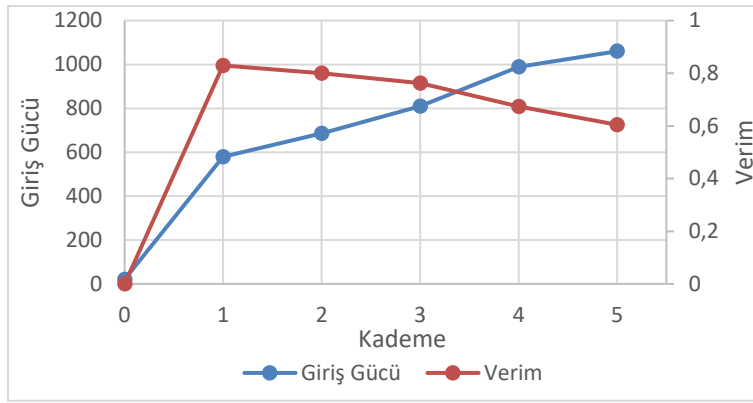
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.10'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.10 : 2’li gruplama 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,4669	21,20	0
1	12,767	579,83	0,83
2	15,107	686,07	0,8
3	17,83	809,69	0,762
4	21,782	989,02	0,674
5	23,349	1060,17	0,605

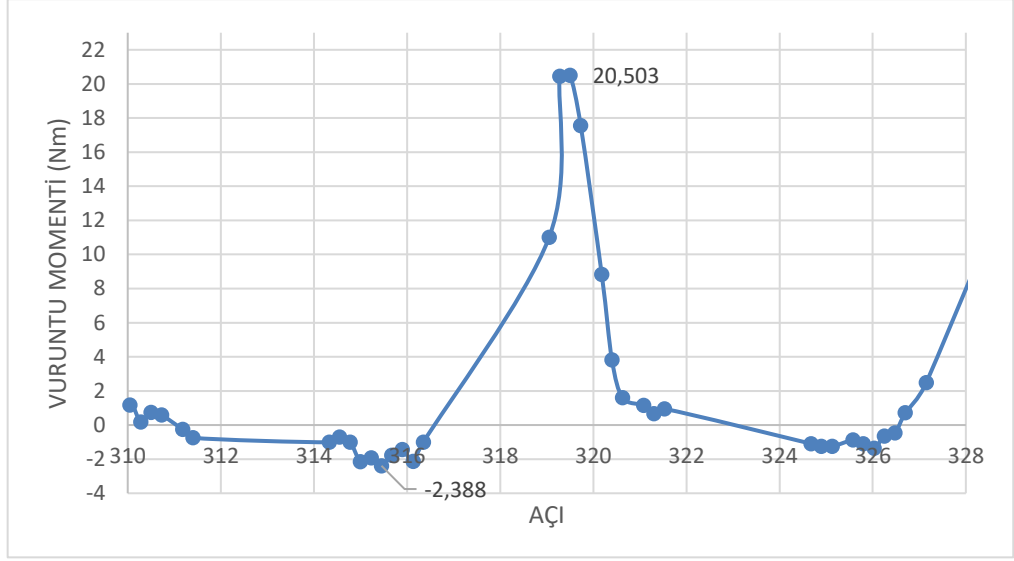
Şekil 4.25’de 2’li grup 8° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafıksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.25 : 2’li gruplama 8° giriş gücü ve verim değişimi.

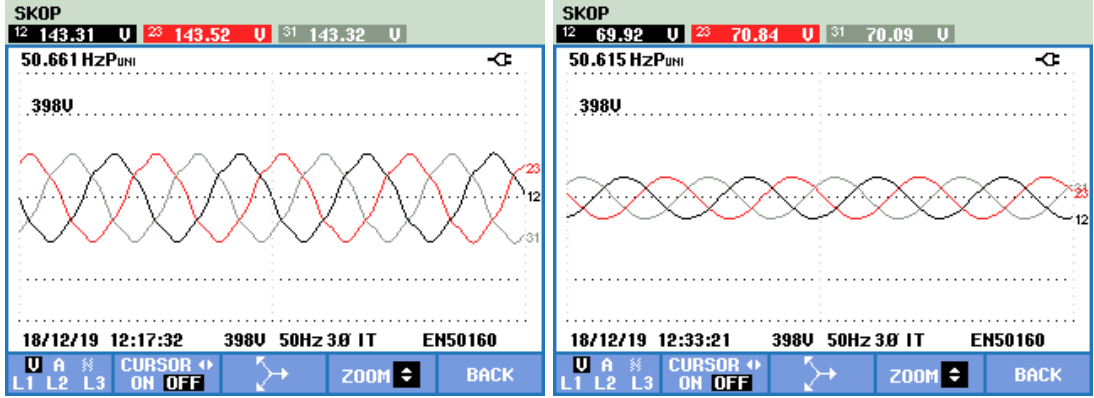
4.1.6. 2’li gruplama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.26’da verilmiştir. Moment salınımı (-2,388)-(20,503) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 22,891 Nm ve ortalama moment salınımı 1,606 Nm’dir.



Şekil 4.26 : 2'li gruplama 10° vuruñtu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.27'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=143,31$ V ve frekansı $f=50,661$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=69,92$ V, frekansı $f=50,615$ Hz'dir.

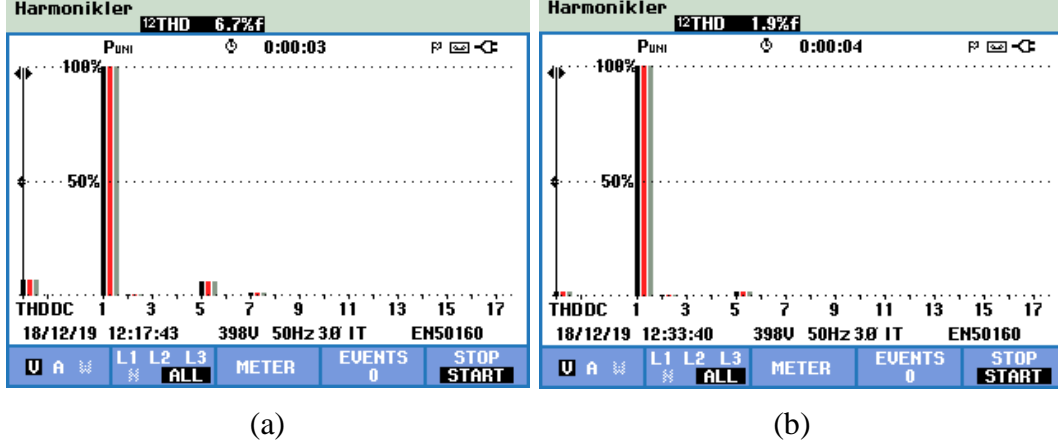


(a)

(b)

Şekil 4.27 : 2'li gruplama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.28'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %6,7, 5. kademede %2,6 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.28 : 2'li gruplama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.11'de 2'li gruplama 10° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

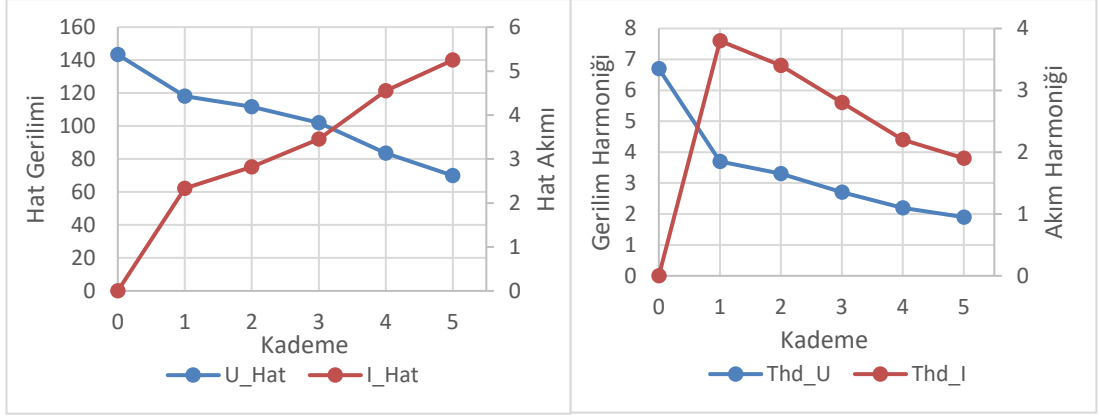
Çizelge 4.11 : 2'li gruplama 10° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 10°	0	50,661	143,31	0	6,7	0
	1	50,629	118,2	2,33	3,7	3,8
	2	50,624	111,62	2,82	3,3	3,4
	3	50,622	101,93	3,45	2,7	2,8
	4	50,605	83,64	4,55	2,2	2,2
	5	50,615	69,92	5,25	1,9	1,9

Şekil 4.29'da 2'li grup 10° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 143,31 V'dan 5. kademedeki 69,92 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,33 A'den 5. kademedeki 5,25 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 6,7 V'dan 5. kademedeki 1,9 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3,8 A'den 5. kademedeki 1,9 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.29 : 2'li grup 10° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

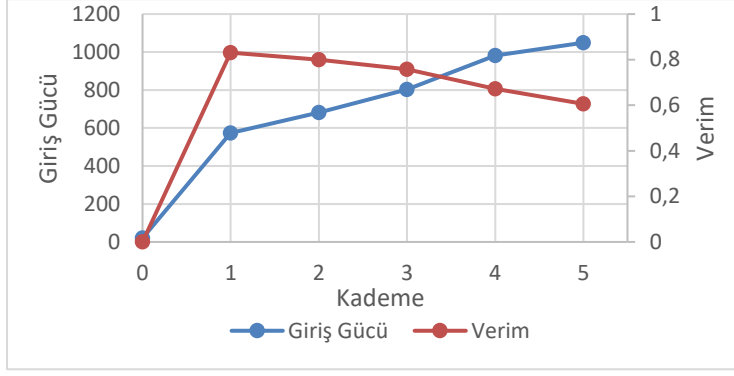
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.12'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.12 : 2'li grupta 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,4407	20,03	0
1	12,641	574,15	0,831
2	14,996	681,07	0,801
3	17,686	803,22	0,758
4	21,614	981,28	0,672
5	23,108	1049,29	0,606

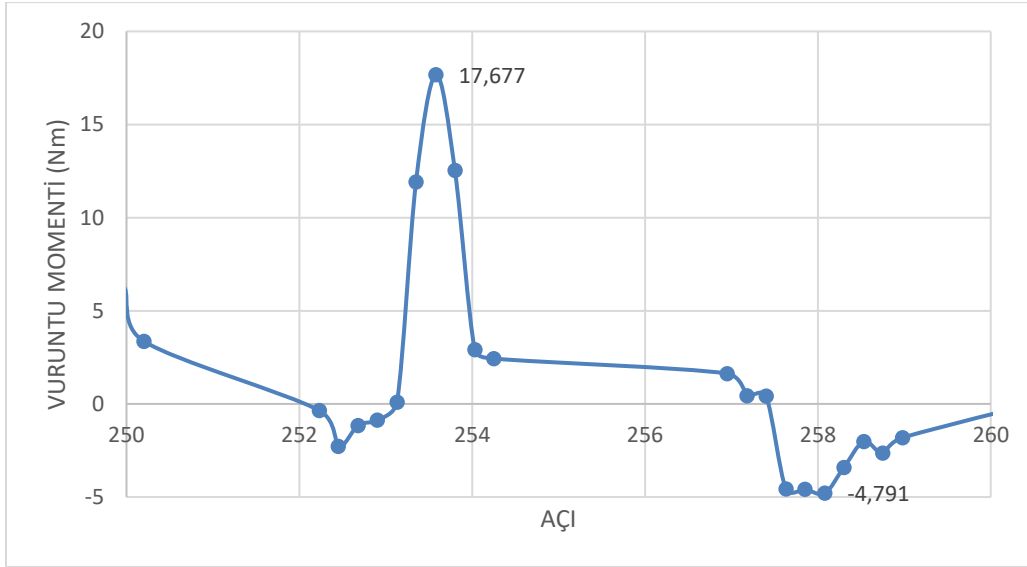
Şekil 4.30'da 2'li grup 10° miknatis yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.30 : 2'li gruplama 10° giriş gücü ve verim değişimi.

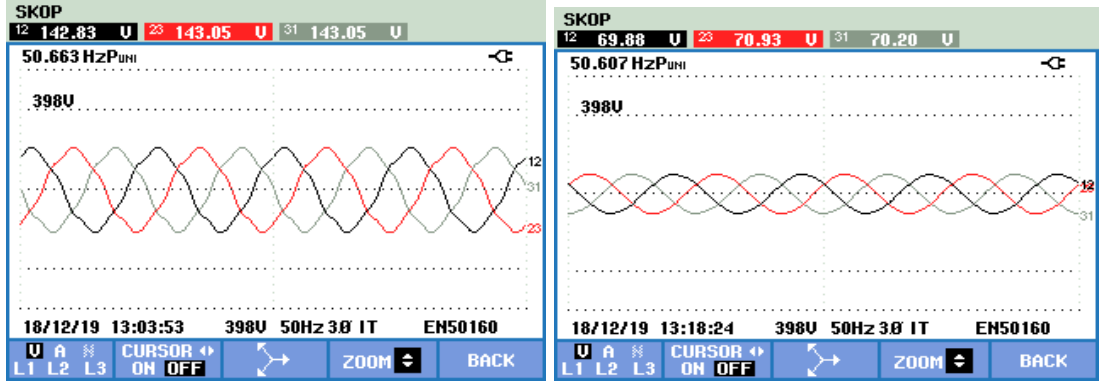
4.1.7. 2'li gruplama 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vurutu momenti değerleri Şekil 4.31'de verilmiştir. Moment salınımı (-4,791)-(17,677) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 22,468 Nm ve ortalama moment salınımı 1,776 Nm'dir.



Şekil 4.31 : 2'li gruplama 12° vurutu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademe elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.32'de gösterilmekte olup, yüksüz Hat gerilimi $U_{hat}=142,83$ V ve frekansı $f=50,663$ Hz'dir.

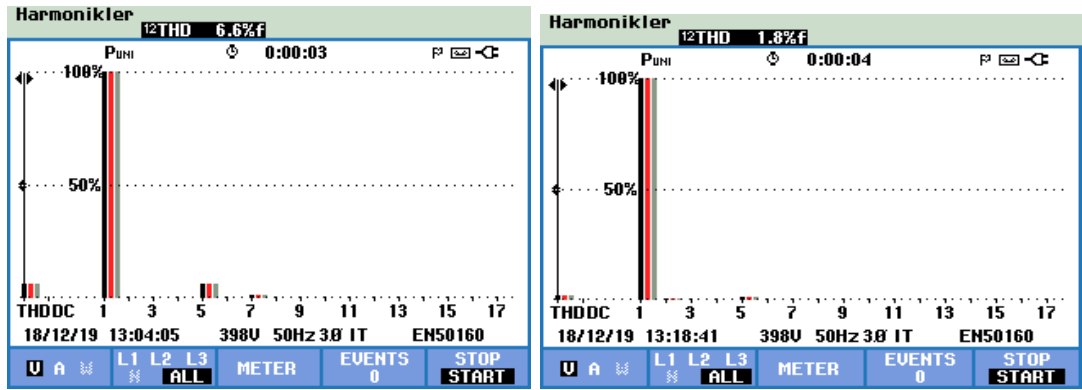


(a)

(b)

Şekil 4.32 : 2'li gruplama 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.33'te 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %6,6 , 5. kademe de %1,8 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.33 : 2'li gruplama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.13'de 2'li gruplama 12° mknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

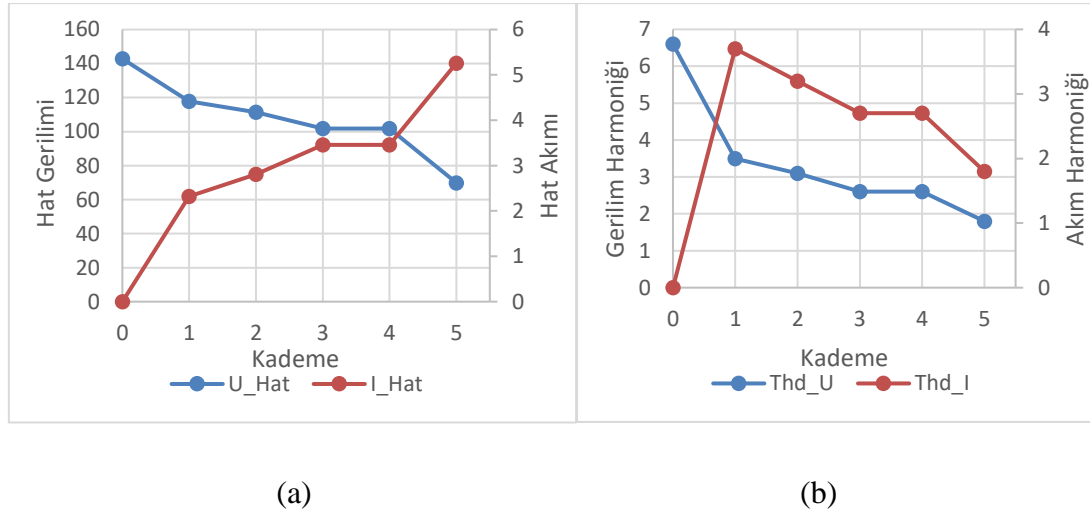
Çizelge 4.13 : 2'li gruplama 12° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 12°	0	50,663	142,83	0	6,6	0
	1	50,628	117,88	2,32	3,5	3,7
	2	50,625	111,32	2,81	3,1	3,2
	3	50,619	101,8	3,46	2,6	2,7
	4	50,619	101,8	3,46	2,6	2,7
	5	50,607	69,88	5,26	1,8	1,8

Şekil 4.34’de 2’li grup 12° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,83 V’dan 5. kademede 69,88 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,32 A’dan 5. kademede 5,26 A’ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 6,6 V’dan 5. kademede 1,8 V’a, akım harmoniği 1. kademede 3,7 A’dan 5. kademede 1,8 A’ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.34 : 2’li gruplama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

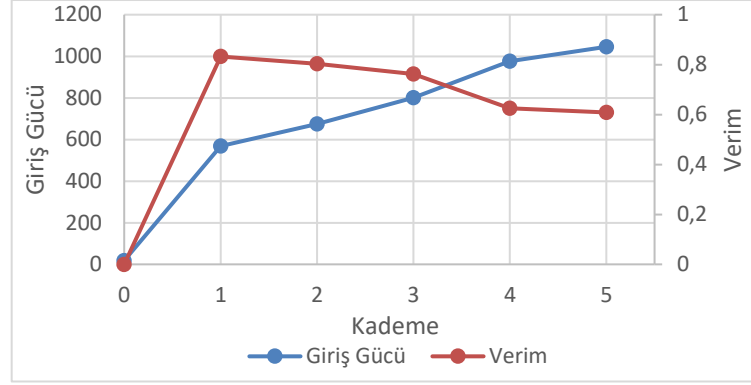
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.14’de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.14 : 2’li gruplama 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,3997	18,17	0
1	12,53	569,11	0,832
2	14,851	674,50	0,803
3	17,638	800,97	0,762
4	21,509	976,78	0,625
5	23,028	1045,51	0,609

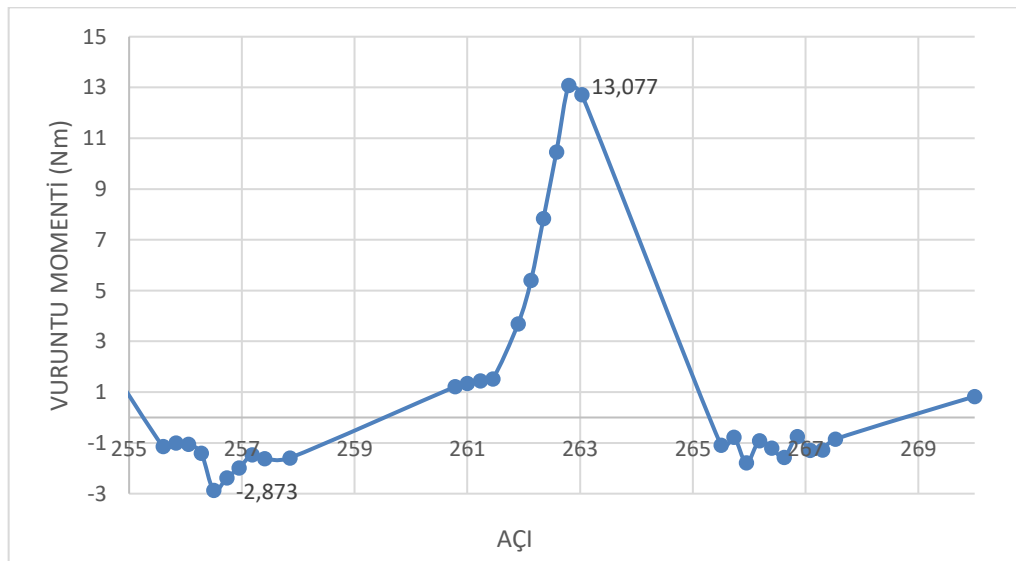
Şekil 4.35’de 2’li gruplama 12° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.35 : 2’li gruplama 12° giriş gücü ve verim değişimi.

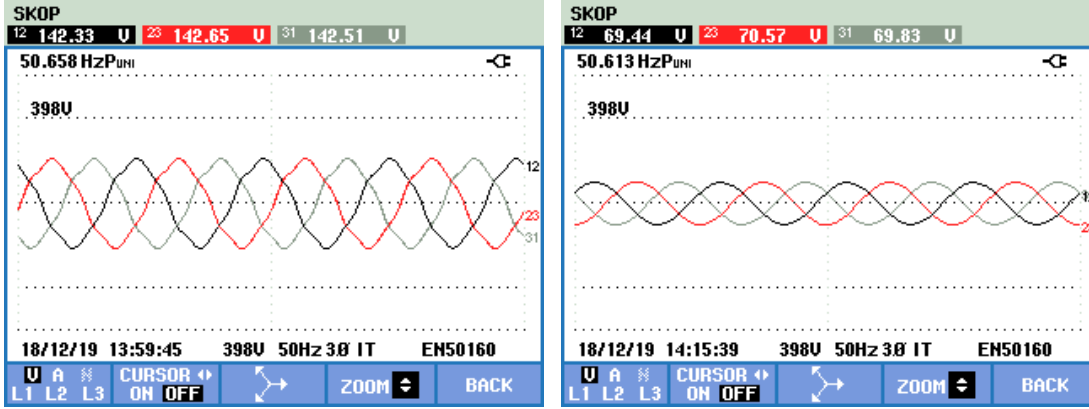
4.1.8. 2’li gruplama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.36’da verilmiştir. Moment salınımı (-2,873)- (13,077) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 15,95 Nm ve ortalama moment salınımı 0,995 Nm’dir.



Şekil 4.36 : 2’li gruplama 14° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademedeki elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.37’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=142,33$ V ve frekansı $f=50,658$ Hz ve 5. kademedeki hat gerilimi $U_{\text{hat}}=69,44$ V ve frekansı $f=50,613$ Hz’dir.

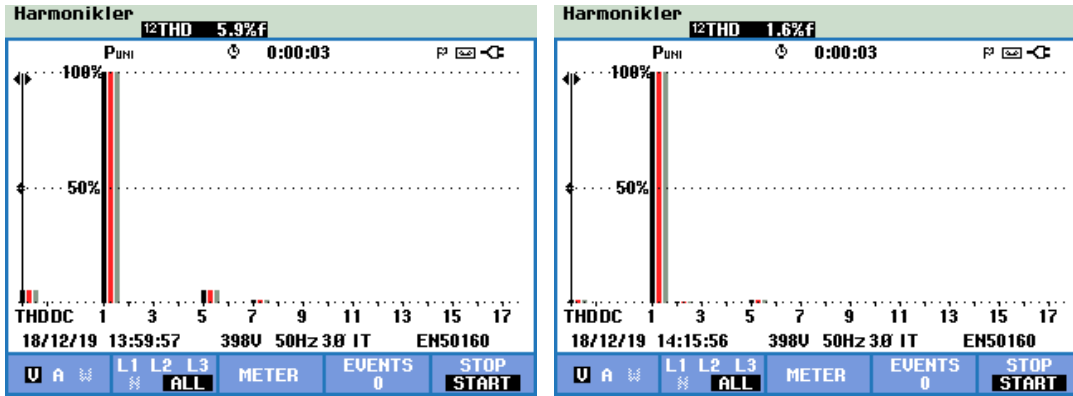


(a)

(b)

Şekil 4.37 : 2'li gruplama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.38’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,9, 5. kademedeki %1,6 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.38 : 2'li gruplama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.15’de 2'li grup 14° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

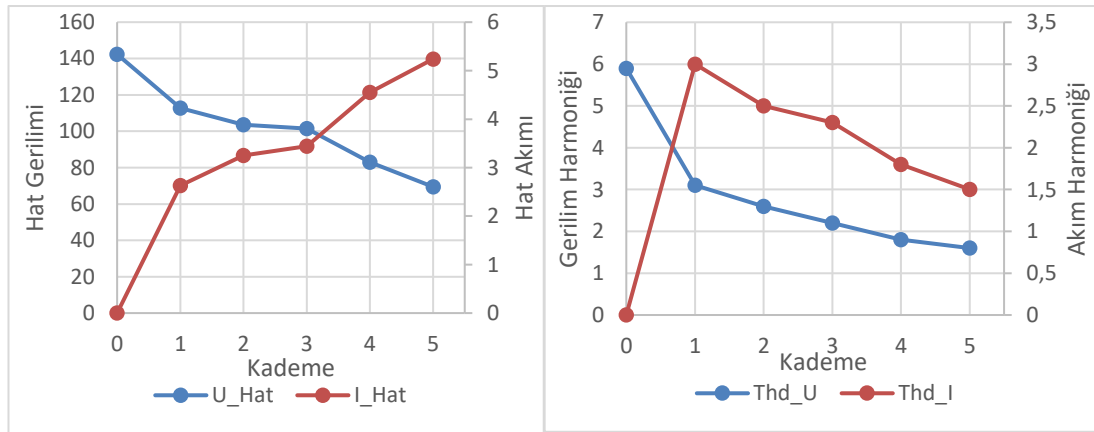
Çizelge 4.15 : 2'li gruplama 14° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
2'li gruplama 14°	0	50,658	142,33	0	5,9	0
	1	50,625	117,3	2,32	3,1	3
	2	50,625	103,5	3,25	2,6	2,5
	3	50,612	101,42	3,44	2,2	2,3
	4	50,617	83,04	4,55	1,8	1,8
	5	50,613	69,44	5,24	1,6	1,5

Şekil 4.39'de 2'li gruplama 14° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,33 V'dan 5. kademedeki 69,44 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,32 A'den 5. kademedeki 5,24 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,9 V'dan 5. kademedeki 1,6 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3 A'den 5. kademedeki 1,5 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.39 : 2'li gruplama 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

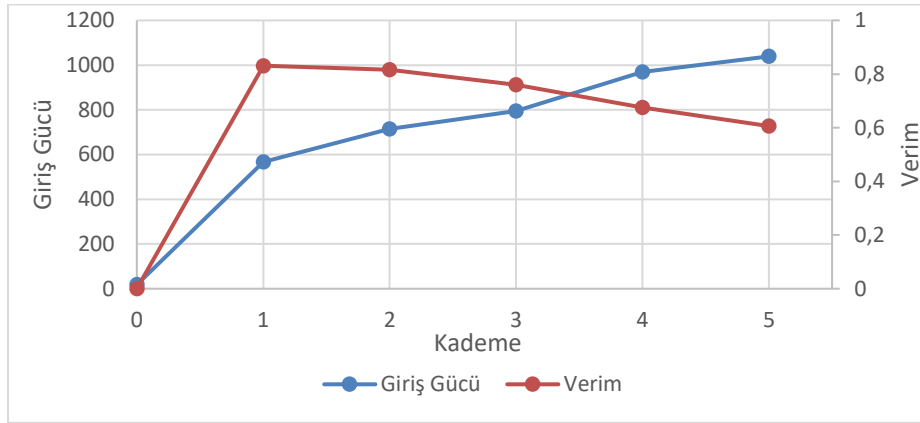
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.16'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.16 : 2’li grupta 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,3947	17,94	0
1	12,49	567,30	0,831
2	15,726	714,25	0,816
3	17,511	795,12	0,76
4	21,337	968,93	0,675
5	22,88	1038,92	0,607

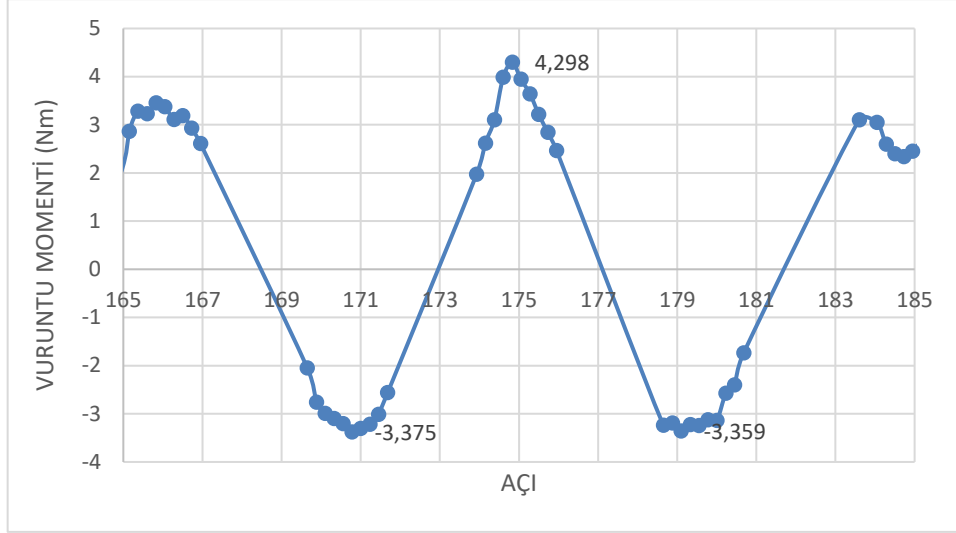
Şekil 4.40’da 2’li grupta 14° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.40 : 2’li grupta 14° giriş gücü ve verim değişimi.

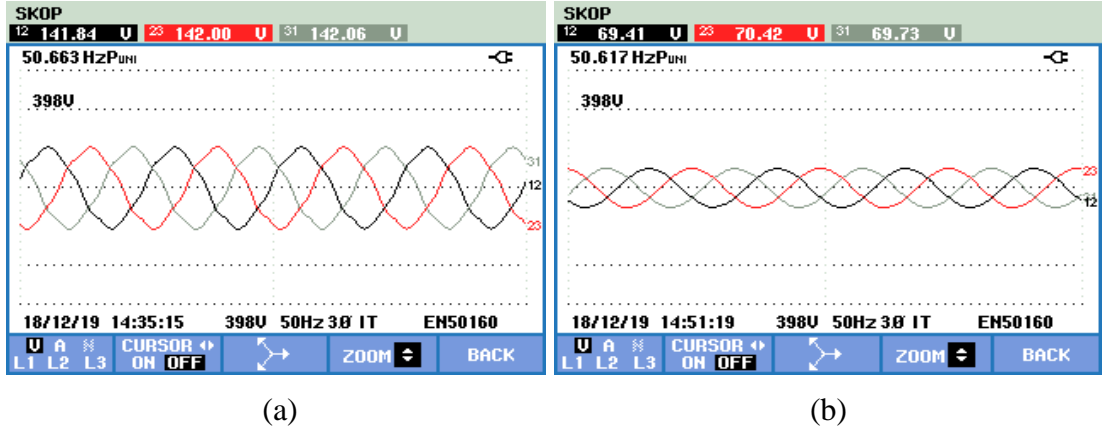
4.1.9. 2’li grupta 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.41’de verilmiştir. Moment salınımı (-3,375)-(4,298) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 7,673 Nm ve ortalama moment salınımı 0,216 Nm’dir.



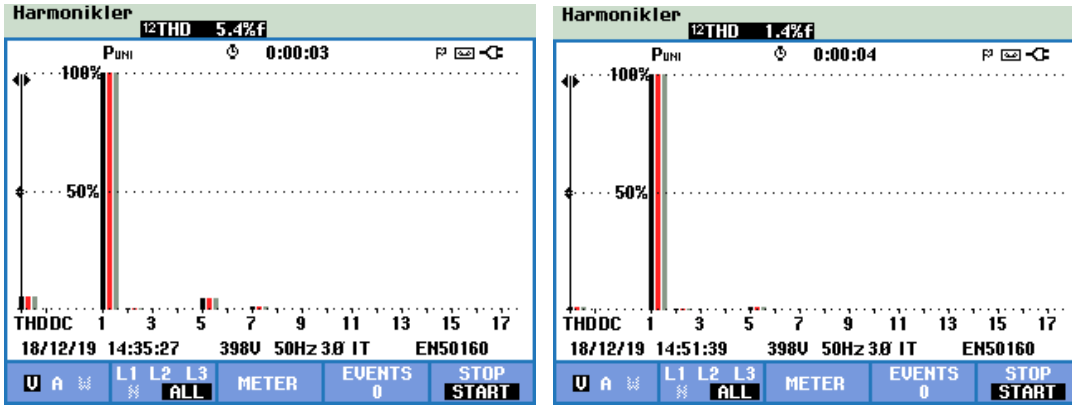
Şekil 4.41 : 2'li gruplama 16° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.42'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=141,84$ V ve frekansı $f=50,663$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=69,41$ V, frekansı $f=50,617$ Hz'dir.



Şekil 4.42 : 2'li gruplama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.43'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,4, 5. kademede %1,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.43 : 2'li gruplama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.17'da 2'li grup 16° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

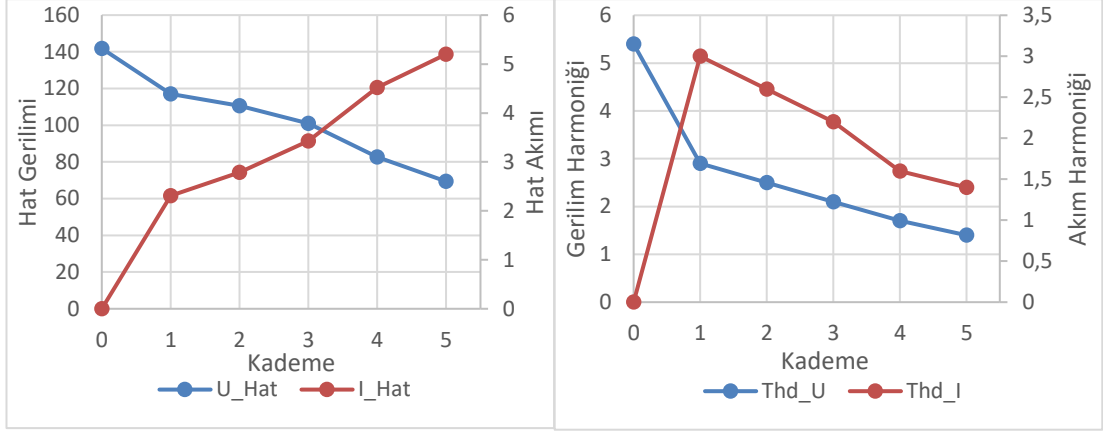
Çizelge 4.17 : 2'li gruplama 16° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li gruplama 16°	0	50,663	141,84	0	5,4	0
	1	50,627	117,03	2,31	2,9	3
	2	50,623	110,59	2,79	2,5	2,6
	3	50,623	101,08	3,43	2,1	2,2
	4	50,617	82,72	4,52	1,7	1,6
	5	50,617	69,41	5,2	1,4	1,4

Şekil 4.44'de 2'li grup 16° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,84 V'dan 5. kademedeki 69,41 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,31 A'den 5. kademedeki 5,2 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,4 V'dan 5. kademedeki 1,4 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3 A'den 5. kademedeki 1,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.44 : 2'li gruplama 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

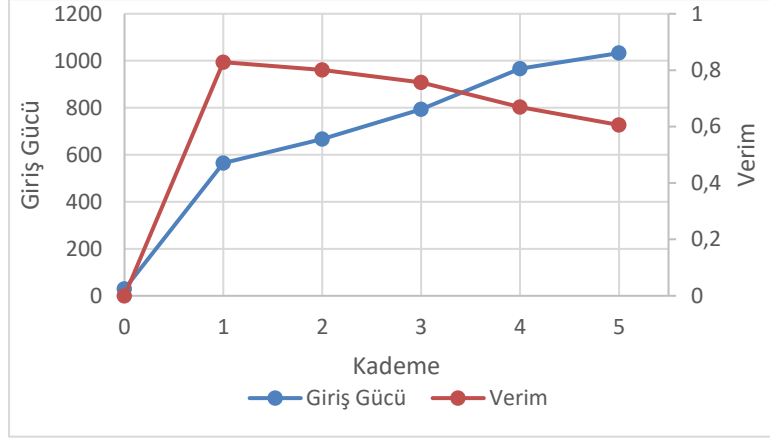
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.18'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.18 : 2'li gruplama 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,637	28,95	0
1	12,445	565,23	0,828
2	14,687	667,01	0,801
3	17,476	793,68	0,757
4	21,298	967,15	0,67
5	22,744	1032,81	0,605

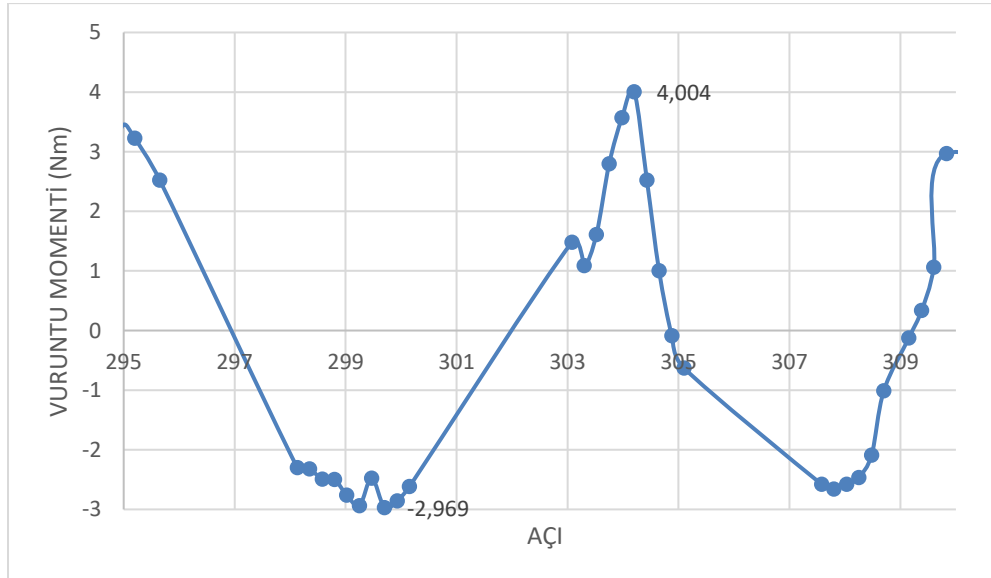
Şekil 4.45'de 2'li gruplama 16° mknatsız yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.45 : 2'li gruplama 16° giriş gücü ve verim değişimi.

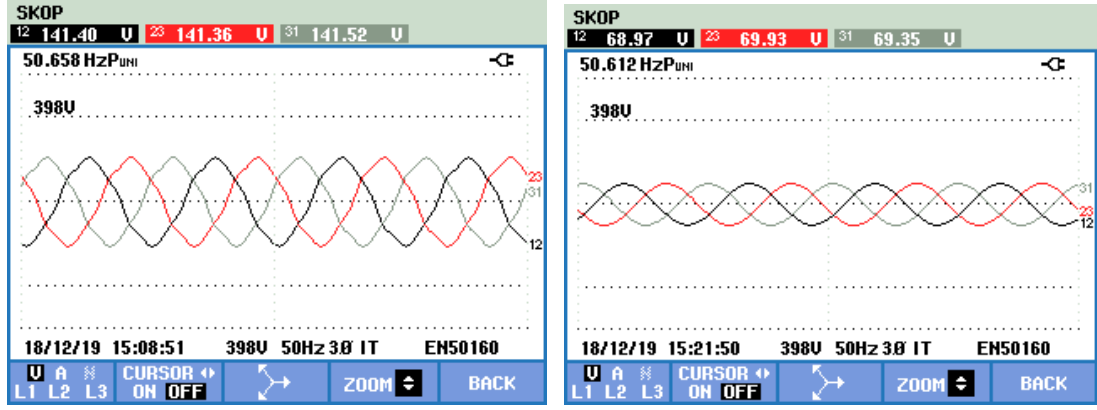
4.1.10. 2'li gruplama 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.46'da verilmiştir. Moment salınımı (-2,969)-(4,004) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 6,973 Nm ve ortalama moment salınımı 0,366 Nm'dir.



Şekil 4.46 : 2'li gruplama 18° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.47'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=141,4$ V ve frekansı $f=50,658$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=70,96$ V, frekansı $f=50,606$ Hz'dir.

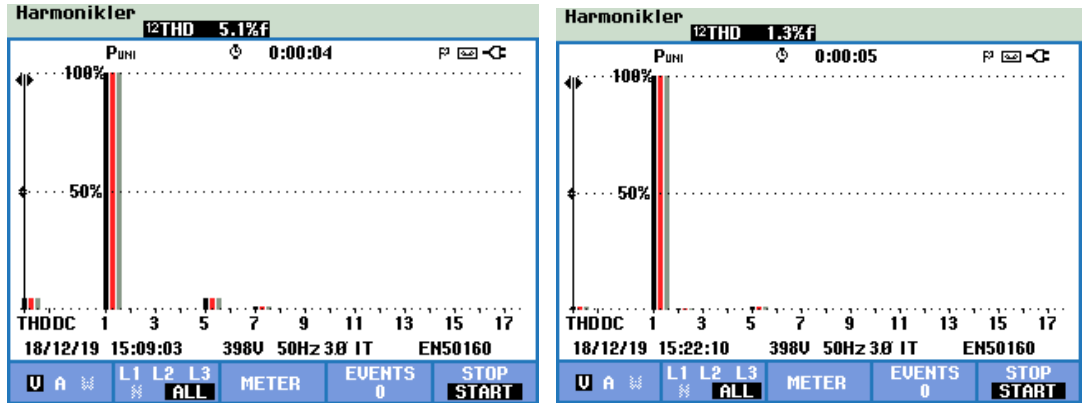


(a)

(b)

Şekil 4.47 : 2'li grupta 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.48'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,1, 5. kademe de %2,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.48 : 2'li grupta 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.19'da 2'li grup 18° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

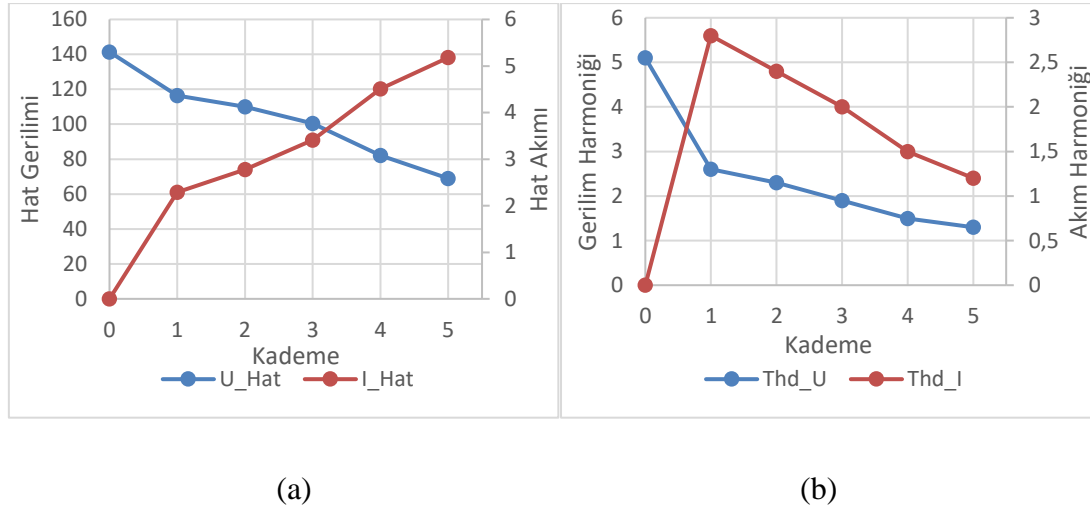
Çizelge 4.19 : 2'li grupta 18° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
2'li grupta 18°	0	50,658	141,4	0	5,1	0
	1	50,627	116,44	2,29	2,6	2,8
	2	50,626	110,02	2,78	2,3	2,4
	3	50,621	100,54	3,41	1,9	2
	4	50,618	82,12	4,51	1,5	1,5
	5	50,612	68,97	5,18	1,3	1,2

Şekil 4.49'da 2'li grup 18° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,4 V'dan 5. kademede 68,97 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,29 A'den 5. kademede 5,18 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,1 V'dan 5. kademede 1,3 V'a, akım harmoniği 1. kademede 2,8 A'den 5. kademede 1,2 A'e azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.49 : 2'li gruplama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

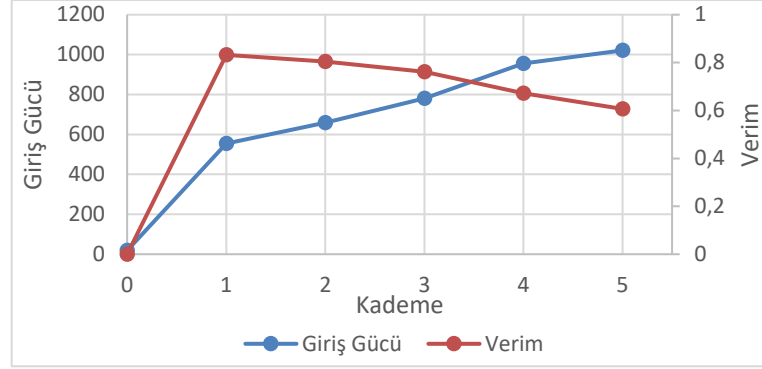
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.20'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.20 : 2'li gruplama 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,4146	18,84	0
1	12,22	555,01	0,832
2	14,494	658,32	0,805
3	17,184	780,38	0,761
4	21,026	954,85	0,672
5	22,49	1021,18	0,606

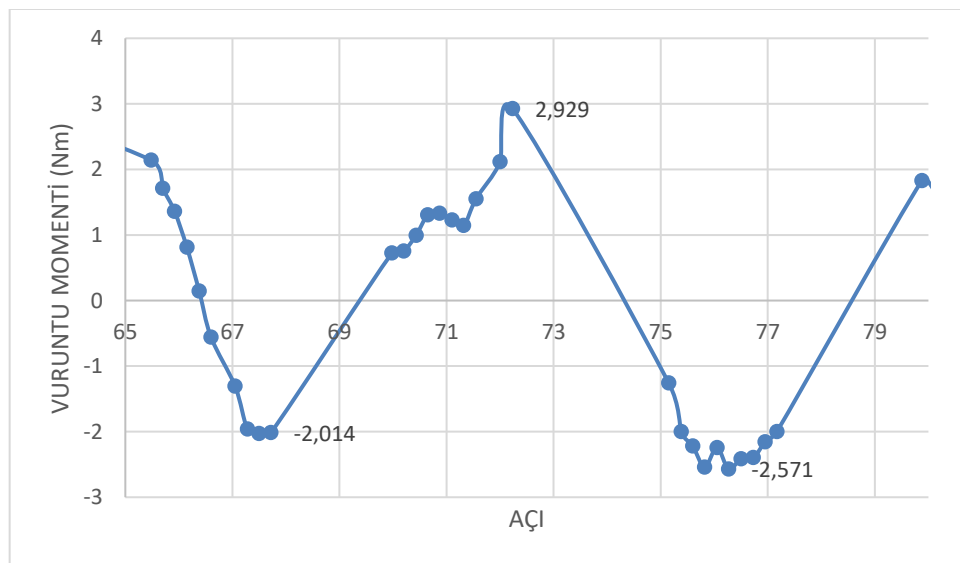
Şekil 4.50’de 2’li gruplama 18° mknatis yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.50 : 2’li gruplama 18° giriş gücü ve verim değişimi.

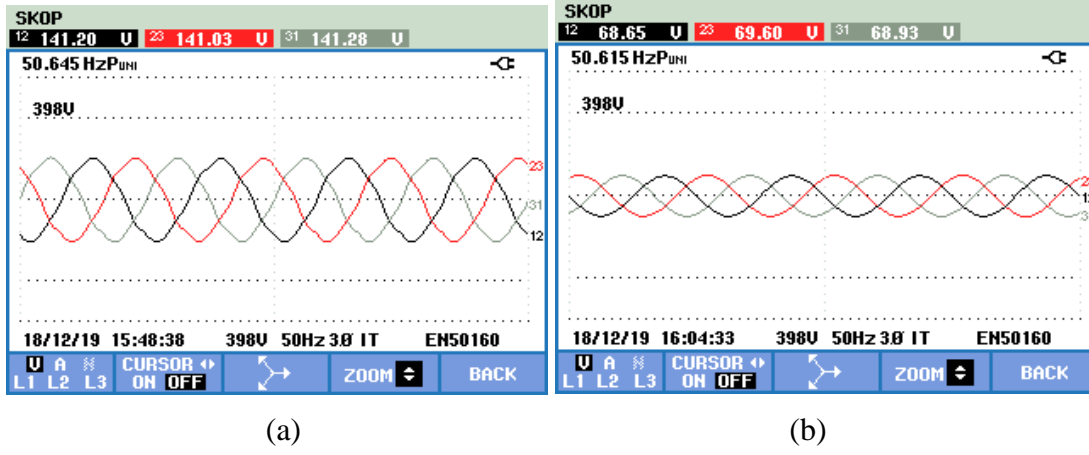
4.1.11. 2’li gruplama 20 derece mknatis yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mknatis grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 20 derece mknatis yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.51’de verilmiştir. Moment salınımı (-2,571)-(2,929) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,5 Nm ve ortalama moment salınımı 0,184 Nm’dir.



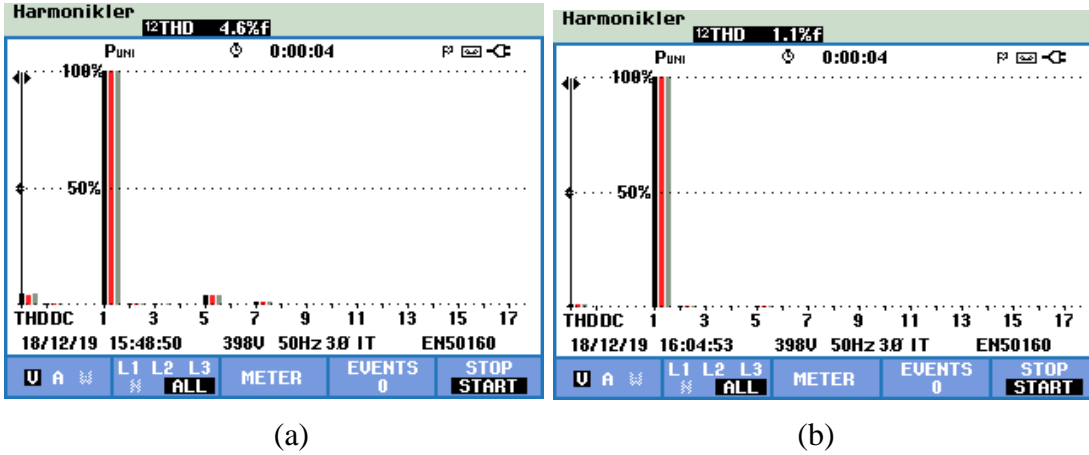
Şekil 4.51 : 2’li gruplama 20° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.52’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=141,2$ V ve frekansı $f=50,645$ ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=71,43$ V, frekansı $f=50,609$ Hz’dir.



Şekil 4.52 : 2'li gruplama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.53’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,6, 5. kademede %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.53 : 2'li gruplama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.21’de 2'li gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

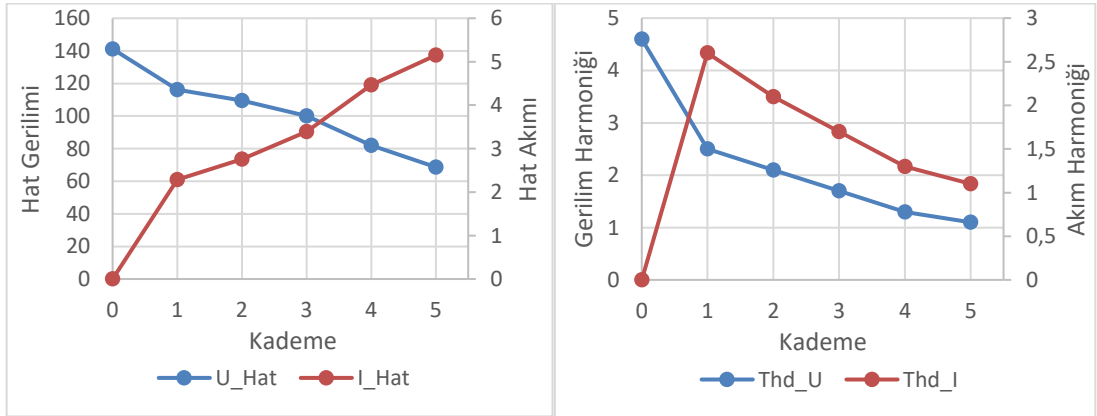
Çizelge 4.21 : 2'li gruplama 20° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
2'li gruplama 20°	0	50,645	141,2	0	4,6	0
	1	50,631	116,17	2,29	2,5	2,6
	2	50,621	109,58	2,76	2,1	2,1
	3	50,621	100,06	3,39	1,7	1,7
	4	50,617	82,04	4,47	1,3	1,3
	5	50,615	68,65	5,15	1,1	1,1

Şekil 4.54'de 2'li grup 20° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,2 V'dan 5. kademedeki 68,65 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,29 A'den 5. kademedeki 5,15 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,6 V'dan 5. kademedeki 1,1 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,6 A'den 5. kademedeki 1,1 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.54 : 2'li gruplama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

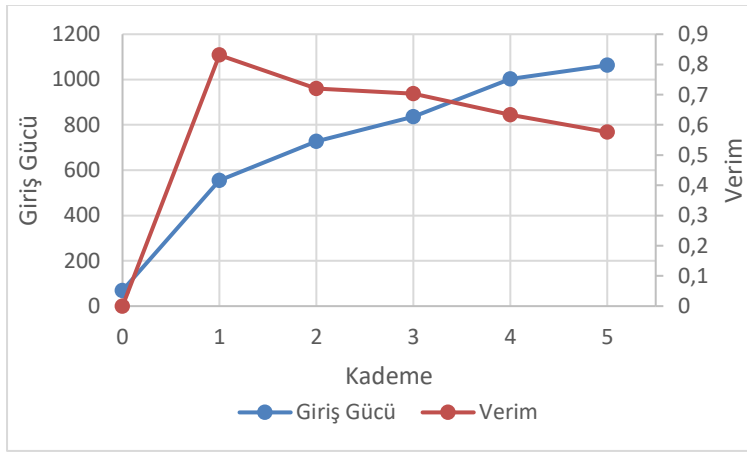
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.22'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.22 : 2’li gruplama 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	1,528	69,43	0
1	12,216	554,50	0,831
2	16,026	727,81	0,72
3	18,403	835,75	0,703
4	22,07	1002,20	0,634
5	23,408	1062,94	0,576

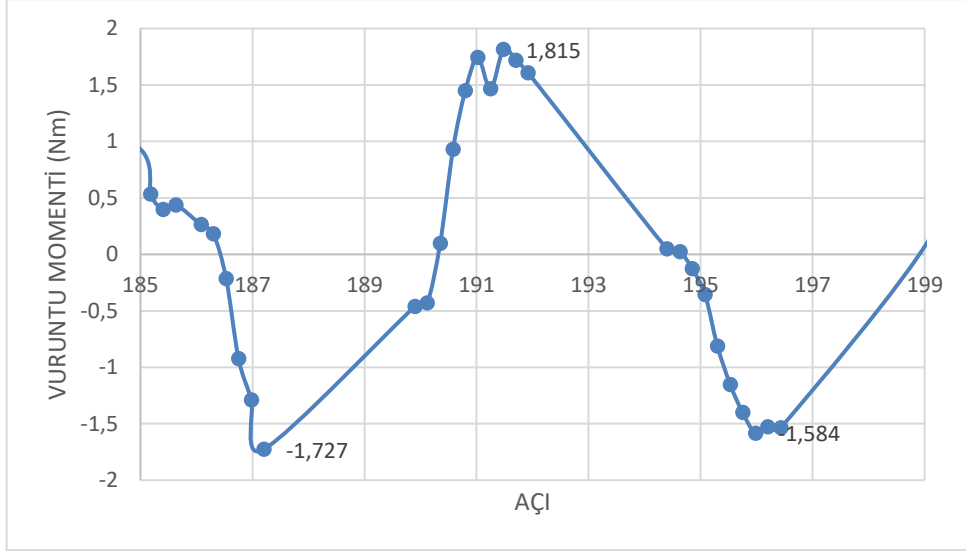
Şekil 4.55’de 2’li grup 20° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.55 : 2’li gruplama 20° giriş gücü ve verim değişimi

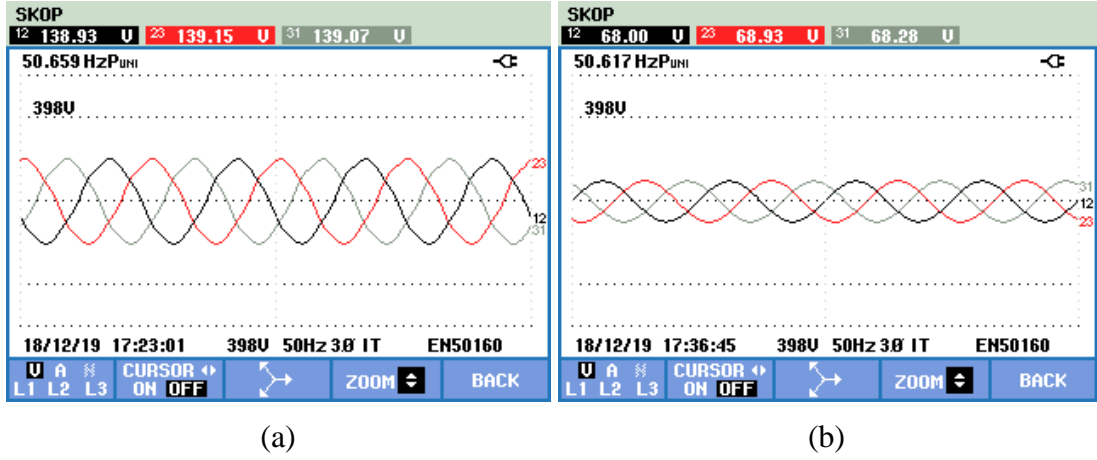
4.1.12. 2’li gruplama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

2’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru moment değeri Şekil 4.56’da verilmiştir. Moment salınımı (-1,727)-(1,815) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 3,542 Nm ve ortalama moment salınımı 0,113 Nm’dir.



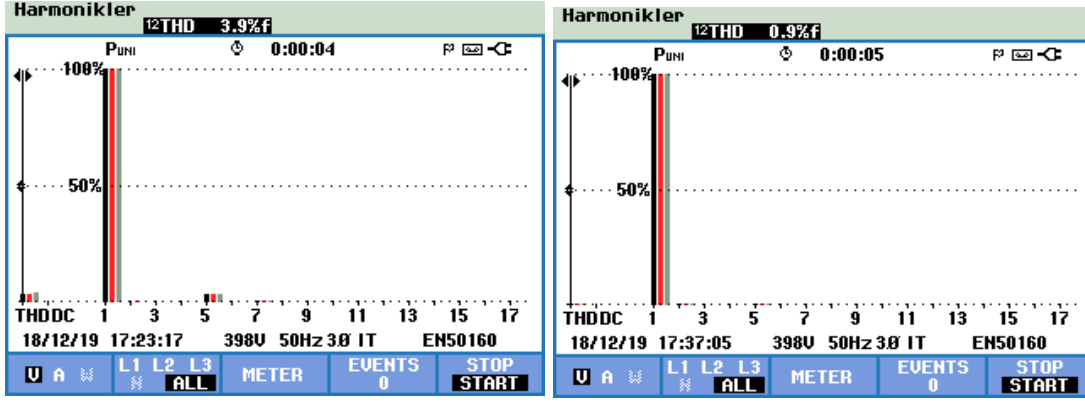
Şekil 4.56 : 2'li grupta 22° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.57'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{\text{hat}}=138,93$ V ve frekansı $f=50,659$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{\text{hat}}=70,96$ V, frekansı $f=50,606$ Hz'dir.



Şekil 4.57 : 2'li grupta 22° 3 Faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. Kademe.

Şekil 4.58'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,9, 5. kademede %0,9 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.58 : 2'li gruplama 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.23'de 2'li gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

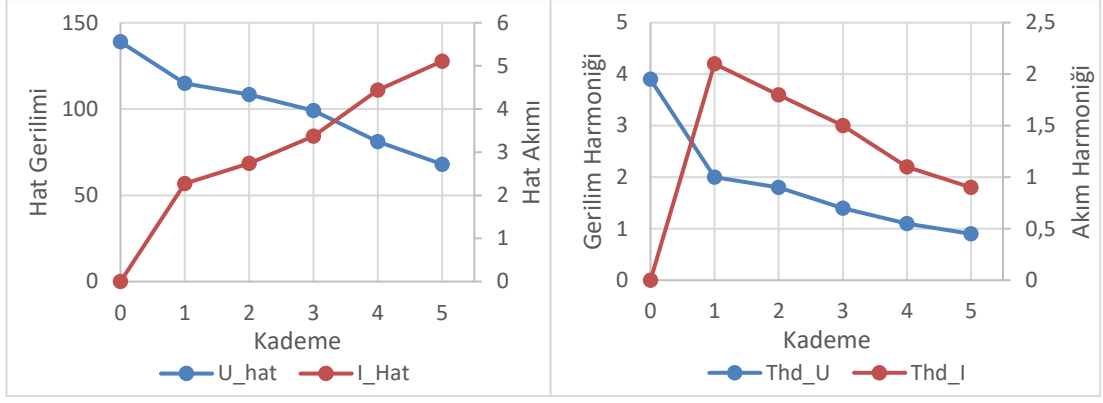
Çizelge 4.23 : 2'li gruplama 22° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
2'li gruplama 22°	0	50,659	138,93	0	3,9	0
	1	50,631	114,86	2,27	2	2,1
	2	50,628	108,43	2,74	1,8	1,8
	3	50,622	99,17	3,37	1,4	1,5
	4	50,616	81,13	4,44	1,1	1,1
	5	50,617	68	5,11	0,9	0,9

Şekil 4.59'da 2'li grup 22° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 138,93 V'dan 5. kademedeki 68 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,27 A'den 5. kademedeki 5,11 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,9 V'dan 5. kademedeki 0,9 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,1 A'den 5. kademedeki 0,9 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.59 : 2'li gruplama 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

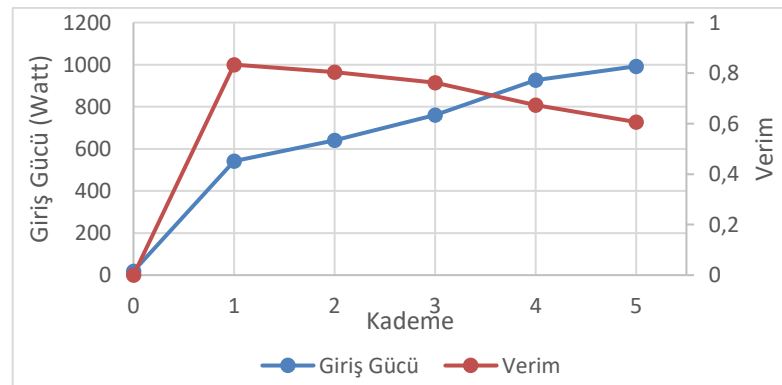
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.24'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.24 : 2'li gruplama 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,4066	18,48	0
1	11,931	541,93	0,833
2	14,108	640,80	0,803
3	16,734	760,00	0,762
4	20,395	926,12	0,674
5	21,852	992,32	0,607

Şekil 4.60'da 2'li grup 22° mknatis yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.60 : 2'li gruplama 22° giriş gücü ve verim değişimi.

4.1.13. 2'li grupta genel değerlendirme

Çizelge 4.25' de 2'li mıknatıs grupta tüm derece ve yük kademelerine ait alınan; frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği, akım harmoniği, moment ortalaması, giriş gücü, çıkış gücü ve verim değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.25 : 2'li grupta ile alınan deneysel sonuçlar.

2'li grupta 0 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,646	50,62	50,622	50,622	50,609	50,609
Uh(V)	146,1	120,24	113,72	103,99	85,08	71,43
Ih(A)	0	2,37	2,86	3,52	4,66	5,35
THd_U (V)	8,1	4,9	4,2	3,7	3	2,6
THd_I (A)	0	4,9	4,4	3,8	3	2,6
Mort	0,59	13,07	15,48	18,37	22,39	23,99
n (Devir sayısı)	434,11	433,89	433,90	433,90	433,79	433,79
w	45,44	45,41	45,42	45,42	45,40	45,40
Pg (Watt)	26,72	593,55	702,80	834,32	1016,68	1089,41
Pç (Watt)	0	493,59	563,35	634,03	686,73	661,92
Verim	0	0,83	0,80	0,76	0,68	0,61
2'li grupta 2 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,645	50,617	50,621	50,613	50,605	50,606
Uh(V)	147,79	120,1	114,9	105,12	84,77	70,96
Ih(A)	0	2,36	2,89	3,56	4,67	5,35
THd_U (V)	8,4	5	4,5	3,8	2,7	2,4
THd_I (A)	0	5,1	4,6	3,9	2,7	2,4
Mort	0,568	12,98	15,67	18,65	22,02	23,74
n (Devir sayısı)	434,10	433,86	433,89	433,83	433,76	433,77
w	45,44	45,41	45,41	45,41	45,40	45,40
Pg (Watt)	25,81	589,4	711,9	846,7	999,90	1077,83
Pç (Watt)	0	491,02	575,16	648,20	685,70	657,57
Verim	0	0,83	0,81	0,76	0,69	0,61
2'li grupta 4 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,658	50,63	50,623	50,611	50,61	50,606
Uh(V)	144,22	119,6	112,74	103,19	84,45	70,71
Ih(A)	0	2,35	2,84	3,5	4,61	5,33
THd_U (V)	7,5	4,4	3,9	3,3	2,7	2,4
THd_I (A)	0	4,5	4	3,4	2,7	2,4
Mort	0,543	12,83	15,14	18,01	22,03	23,60
n (Devir sayısı)	434,21	433,97	433,91	433,81	433,80	433,77
w	45,45	45,42	45,42	45,41	45,40	45,40
Pg (Watt)	24,69	582,85	687,71	817,52	1000,23	1071,45
Pç (Watt)	0	486,82	554,59	625,57	674,33	652,80
Verim	0	0,84	0,81	0,77	0,67	0,61

Çizelge 4.25 (devam): 2'li grupta ile alınan deneysel sonuçlar.

2'li grupta 6 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,657	50,627	50,614	50,624	50,615	50,61
Uh(V)	144,31	119,01	112,56	102,99	84,34	70,49
Ih(A)	0	2,34	2,83	3,48	4,6	5,31
THd_U (V)	7,3	4,1	3,7	3,2	2,5	2,2
THd_I (A)	0	4,3	3,8	3,2	2,5	2,2
Mort	0,46	12,73	15,09	17,94	21,89	23,44
n (Devir sayısı)	434,2	433,95	433,83	433,92	433,84	433,8
w	45,45	45,42	45,41	45,42	45,41	45,40
Pg (Watt)	21,23	578,23	685,14	814,54	994,25	1064,32
Pç (Watt)	0	482,36	551,75	620,79	671,99	648,39
Verim	0	0,8342	0,8053	0,7621	0,68	0,61
2'li grupta 8 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,622	50,622	50,62	50,617	50,612	50,612
Uh(V)	143,9	118,68	112,03	102,35	83,82	70,11
Ih(A)	0	2,34	2,83	3,48	4,59	5,28
THd_U (V)	7,1	4	3,5	2,9	2,4	2,1
THd_I (A)	0	4,1	3,6	3	2,4	2,1
Mort	0,466	12,767	15,107	17,83	21,78	23,34
n (Devir sayısı)	433,9	433,9	433,89	433,86	433,81	433,81
w	45,415	45,415	45,413	45,411	45,40	45,40
Pg (Watt)	21,204	579,83	686,07	809,69	989,01	1060,17
Pç (Watt)	0	481,02	549,15	616,94	666,39	641,19
Verim	0	0,8296	0,80	0,76	0,67	0,60
2'li grupta 10 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,661	50,629	50,624	50,622	50,605	50,615
Uh(V)	143,31	118,2	111,62	101,93	83,64	69,92
Ih(A)	0	2,33	2,82	3,45	4,55	5,25
THd_U (V)	6,7	3,7	3,3	2,7	2,2	1,9
THd_I (A)	0	3,8	3,4	2,8	2,2	1,9
Mort	0,44	12,64	14,99	17,68	21,62	23,10
n (Devir sayısı)	434,24	433,96	433,92	433,9	433,75	433,84
w	45,45	45,421	45,417	45,41	45,39	45,41
Pg (Watt)	20,03	574,15	681,07	803,22	981,28	1049,29
Pç (Watt)	0	477,03	545,21	609,11	659,17	635,82
Verim	0	0,83	0,80	0,76	0,67	0,60

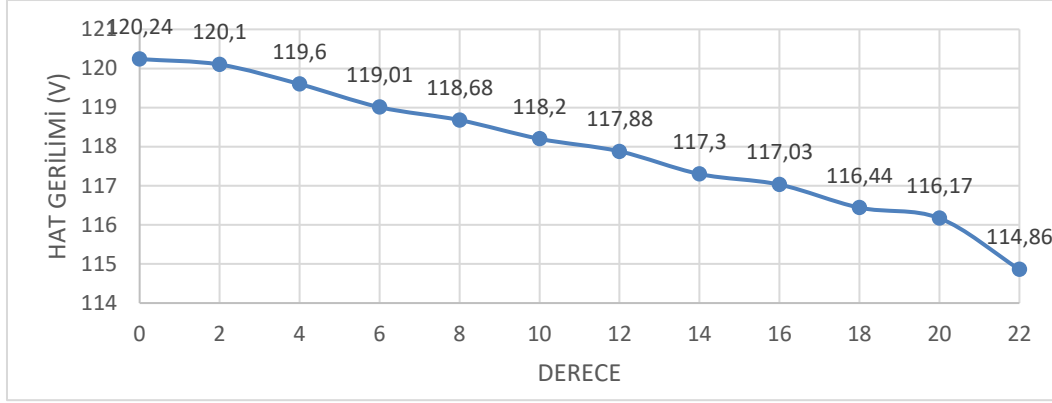
Çizelge 4.25 (devam): 2'li gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.

2'li gruplama 12 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,663	50,628	50,625	50,619	50,619	50,607
Uh(V)	142,83	117,88	111,32	101,8	101,8	69,88
Ih(A)	0	2,32	2,81	3,46	3,46	5,26
THd_U (V)	6,6	3,5	3,1	2,6	2,6	1,8
THd_I (A)	0	3,7	3,2	2,7	2,7	1,8
Mort	0,39	12,53	14,85	17,63	21,50	23,02
n (Devir sayısı)	434,25	433,95	433,93	433,88	433,87	433,77
w	45,45	45,42	45,41	45,41	45,41	45,40
Pg (Watt)	18,165	569,11	674,5	800,97	976,78	1045,51
Pç (Watt)	0	473,7	541,82	610,09	610,09	636,66
Verim	0	0,83	0,80	0,76	0,63	0,61
2'li gruplama 14 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,658	50,625	50,625	50,612	50,617	50,613
Uh(V)	142,33	117,3	103,5	101,42	83,04	69,44
Ih(A)	0	2,32	3,25	3,44	4,55	5,24
THd_U (V)	5,9	3,1	2,6	2,2	1,8	1,6
THd_I (A)	0	3	2,5	2,3	1,8	1,5
Mort	0,3947	12,49	15,72	17,51	21,33	22,88
n (Devir sayısı)	434,21	433,93	433,93	433,82	433,86	433,82
w	45,45	45,42	45,42	45,41	45,41	45,41
Pg (Watt)	17,937	567,3	714,25	795,12	968,93	1038,92
Pç (Watt)	0	471,2	582,64	604,3	654,44	630,25
Verim	0	0,831	0,8157	0,76	0,68	0,61
2'li gruplama 16 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,663	50,627	50,623	50,623	50,617	50,617
Uh(V)	141,84	117,03	110,59	101,08	82,72	69,41
Ih(A)	0	2,31	2,79	3,43	4,52	5,2
THd_U (V)	5,4	2,9	2,5	2,1	1,7	1,4
THd_I (A)	0	3	2,6	2,2	1,6	1,4
Mort	0,64	12,45	14,69	17,48	21,29	22,75
n (Devir sayısı)	434,25	433,95	433,91	433,91	433,86	433,86
w	45,452	45,42	45,42	45,416	45,41	45,41
Pg (Watt)	28,96	565,23	667,01	793,68	967,15	1032,81
Pç (Watt)	0	468,25	534,43	600,53	647,62	625,17
Verim	0	0,8284	0,80	0,7566	0,67	0,61

Çizelge 4.25 (devam): 2'li gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.

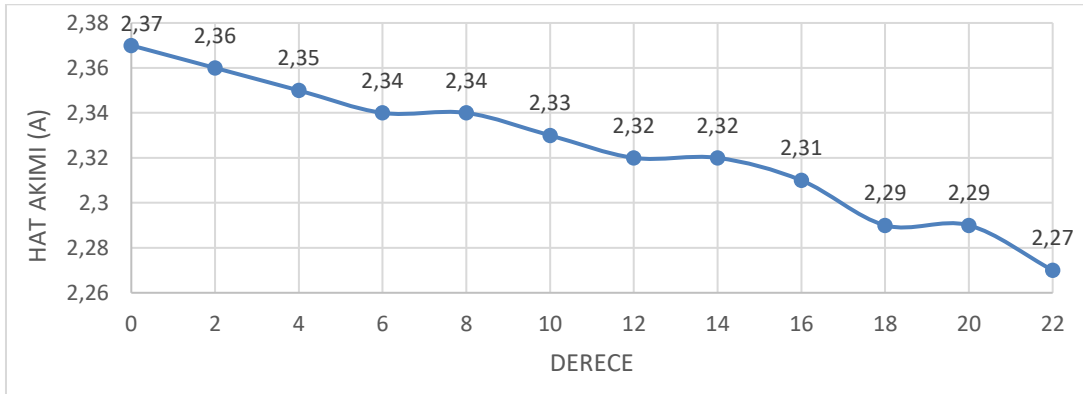
2'li gruplama 18 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,658	50,627	50,626	50,621	50,618	50,612
Uh(V)	141,4	116,44	110,02	100,54	82,12	68,97
Ih(A)	0	2,29	2,78	3,41	4,51	5,18
THd_U (V)	5,1	2,6	2,3	1,9	1,5	1,3
THd_I (A)	0	2,8	2,4	2	1,5	1,2
Mort	0,41	12,22	14,49	17,18	21,02	22,49
n (Devir sayısı)	434,21	433,95	433,94	433,89	433,86	433,81
w	45,447	45,42	45,41	45,414	45,41	45,40
Pg (Watt)	18,84	555,01	658,32	780,38	954,84	1021,18
Pç (Watt)	0	461,86	529,77	593,84	641,50	618,82
Verim	0	0,83	0,81	0,76	0,67	0,61
2'li gruplama 20 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,645	50,631	50,621	50,621	50,617	50,615
Uh(V)	141,2	116,17	109,58	100,06	82,04	68,65
Ih(A)	0	2,29	2,76	3,39	4,47	5,15
THd_U (V)	4,6	2,5	2,1	1,7	1,3	1,1
THd_I (A)	0	2,6	2,1	1,7	1,3	1,1
Mort	1,53	12,22	16,03	18,40	22,07	23,41
n (Devir sayısı)	434,1	433,98	433,89	433,89	433,86	433,843
w	45,44	45,42	45,41	45,41	45,41	45,40
Pg (Watt)	69,43	554,5	727,81	835,75	1002,20	1062,94
Pç (Watt)	0	460,79	523,86	587,53	635,19	612,38
Verim	0	0,831	0,7198	0,70	0,63	0,57
2'li gruplama 22 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,659	50,631	50,628	50,622	50,616	50,617
Uh(V)	138,93	114,86	108,43	99,17	81,13	68
Ih(A)	0	2,27	2,74	3,37	4,44	5,11
THd_U (V)	3,9	2	1,8	1,4	1,1	0,9
THd_I (A)	0	2,1	1,8	1,5	1,1	0,9
Mort	0,4066	11,931	14,108	16,734	20,39	21,85
n (Devir sayısı)	434,22	433,98	433,95	433,9	433,85	433,86
w	45,448	45,423	45,421	45,415	45,40	45,41
Pg (Watt)	18,47	541,93	640,8	760	926,12	992,32
Pç (Watt)	0	451,61	514,6	578,87	623,93	601,87
Verim	0	0,83	0,80	0,76	0,67	0,61

Şekil 4.61’de 2’li mıknaş gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen yerleşirme açısı sonucunda alınan hat gerilim değerlerine ait eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Hat geriliminde %4,45 oranında düşüş meydana gelmiştir.



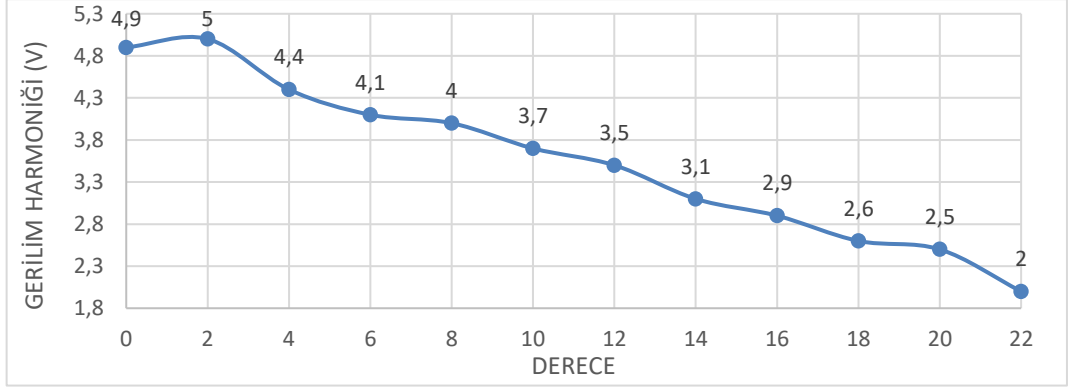
Şekil 4.61 : 2’li gruplama hat gerilimi eğrisi.

Şekil 4.62’de 2’li mıknaş gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknaş yerleşirme açısı sonucunda alınan hat akım değerlerine ait grafik verilmektedir. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak oluşturulmuştur. Hat akımında %4,22 oranında düşüş meydana gelmiştir.



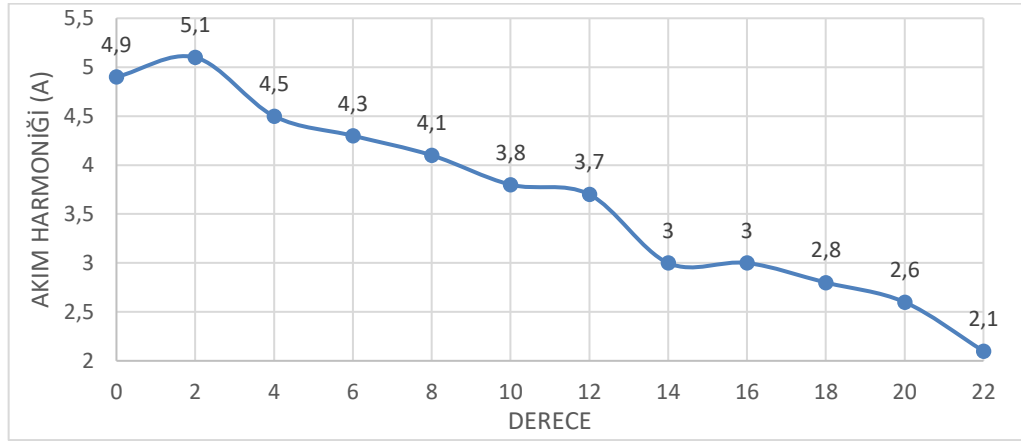
Şekil 4.62 : 2’li gruplama hat akımı eğrisi.

Şekil 4.63’de 2’li mıknaş gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknaş yerleşirme açısı sonucunda alınan gerilim harmoniği değerlerine ilişkin eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak gerilim harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Gerilim harmoniğinde %59,18 oranında iyileşme sağlanmıştır.



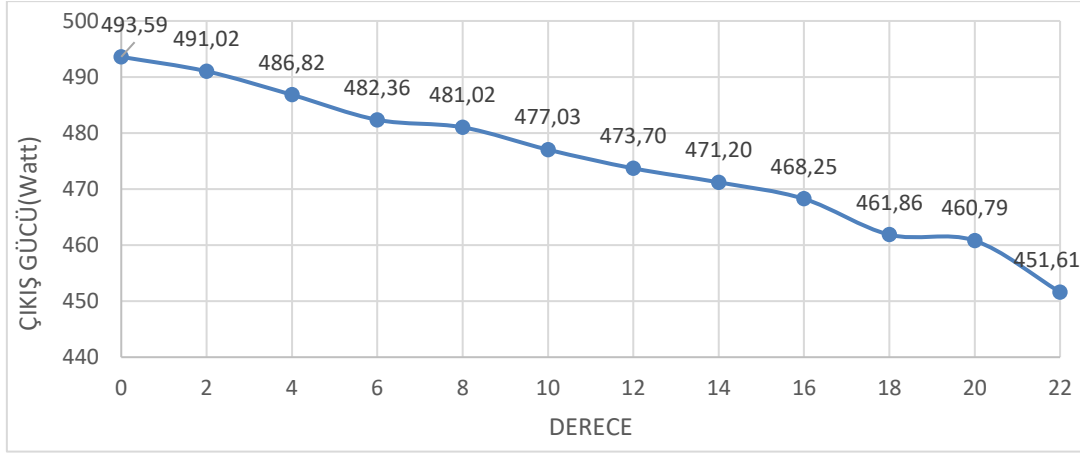
Şekil 4.63 : 2’li gruplama gerilim harmoniği eğrisi.

Şekil 4.64’de 2’li mıknatis gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatis yerleştirme açısı sonucunda alınan akım harmoniği değerlerine ilişkin grafik bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak akım harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Akım harmoniğinde %57,14 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.64 : 2’li gruplama akım harmoniği eğrisi.

Şekil 4.65’de 2’li mıknatis gruplamasında derecelere bağlı olarak çıkış güçlerine ait grafik verilmektedir. Çıkış gücünde %8,51 oranında düşüş meydana gelmiştir.



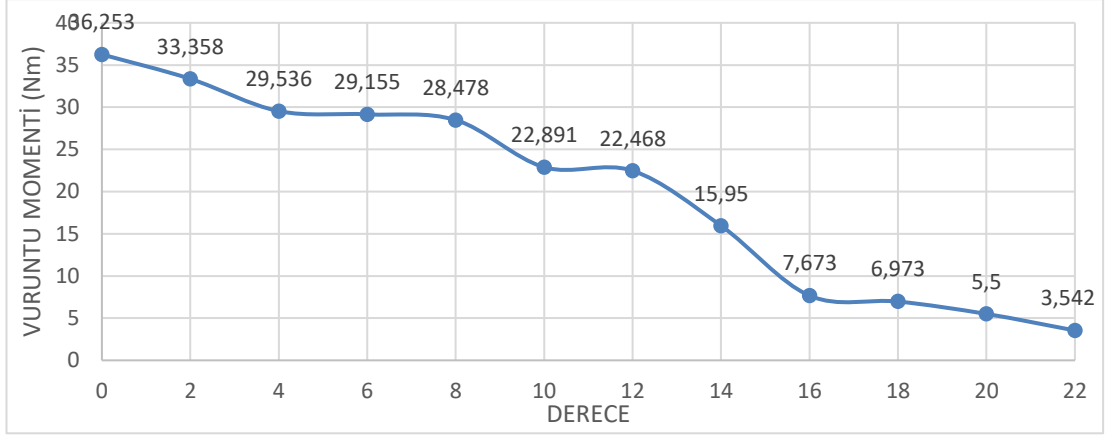
Şekil 4.65 : 2’li gruplama çıkış gücü eğrisi.

Çizelge 4.26’da 2’li gruplama da 0’dan 22 dereceye kadar generatörün 1d/dk ile döndürülmesi sonucunda elde edilen momentin maksimum, minimum değerleri ve bu değerlerde moment salınımı (Mv) değeri elde edilmiştir. Mv değerleri bize vuru mu momenti değerini vermektedir.

Çizelge 4.26 : 2’li gruplama ile alınan vuru mu momenti deneysel sonuçları.

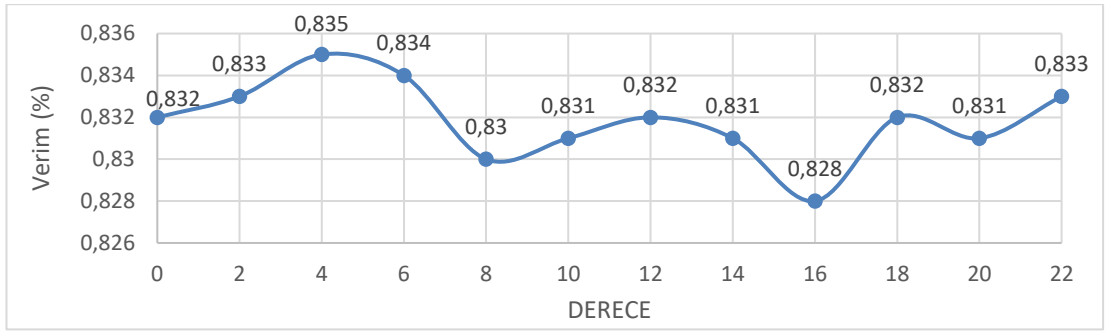
2li Gruplama Vuru mu Momenti Değerleri			
Derece	MAX	MIN	Mv
0	20,01	-16,253	36,263
2	32,713	-0,645	33,358
4	28,04	-1,496	29,536
6	10,18	-18,975	29,155
8	25,955	-2,523	28,478
10	20,503	-2,388	22,891
12	17,677	4,791	22,468
14	13,077	-2,873	15,95
16	4,298	-3,375	7,673
18	4,004	-2,969	6,973
20	2,929	-2,571	5,5
22	1,815	-1,727	3,542

Şekil 4.66’da 2’li mıknatıs gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda derecelere bağı lı olarak vuru mu momentinin de ğişim grafi ği verilmiştir. Genel olarak mıknatıslara verilen yerleştirme açısı art tıkça vuru mu momenti de ğerinin azald ığı gözlenmektedir. Vuru mu momenti de ğerlerinde %90,23 oranında iyileş me sa ğ lanmıştır.



Şekil 4.66 : 2'li gruplama derecelere göre vurunu momenti değışimi.

Şekil 4.67'de 2'li mıknatıs gruplamasında derecelere bağılı olarak makinenin 1. Yük kademesi baz alınarak alınan verim değeri gösterilmektedir. Alınan değeri incelendiğinde verim %83 etrafında salındığı gözlenmektedir.



Şekil 4.67 : 2'li gruplama derecelere göre verim değışimi.

2'li mıknatıs gruplamasında mıknatıslara 0°'den 22°'ye kadar mıknatıs yerleştirme açısı verilmesiyle, 22°'nin 0°'ye göre alınan değeri;

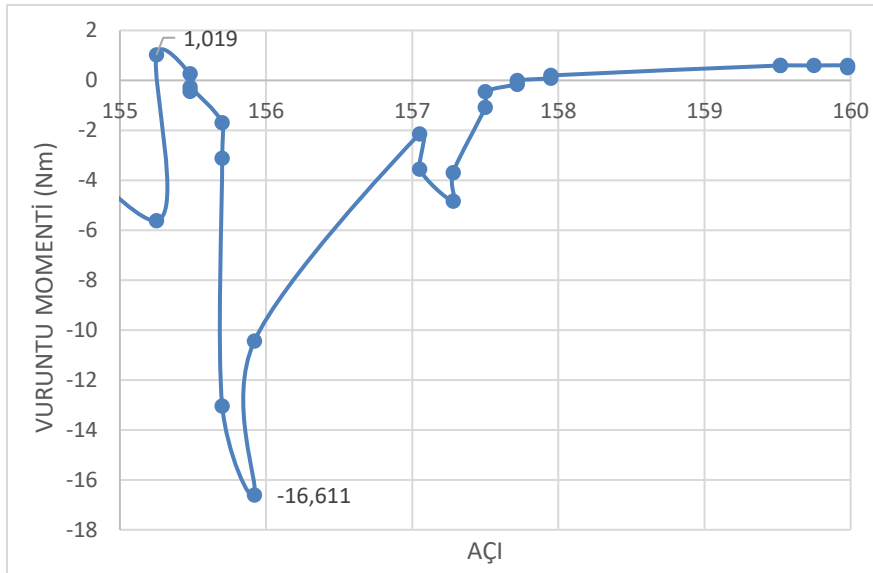
- Vurunu momentinde %90,23 oranında iyileşme,
- Gerilim harmoniğinde % 59,18 oranında iyileşme,
- Akım harmoniğinde %57,14 oranında iyileşme,
- Çıkış gücünde %8,51 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

4.2. 4'lü Grublama Tekniği Sonuçlar

14 mıknatısın 4'lü grup haline getirilmesi ve mıknatıs grupları arası 30 derecelik açı bulunması ile oluşan deney setidir.

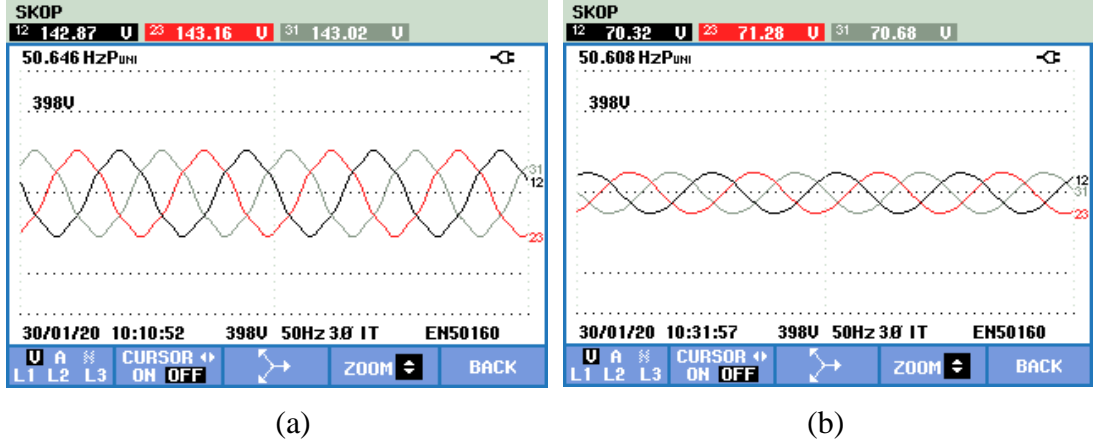
4.2.1. 4'lü grublama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruuntu momenti değerleri şekil 4.68'de verilmiştir. Moment salınımı (-16,611)-(1,019) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 17,63 Nm ve ortalama moment salınımı -2,468 Nm'dir.



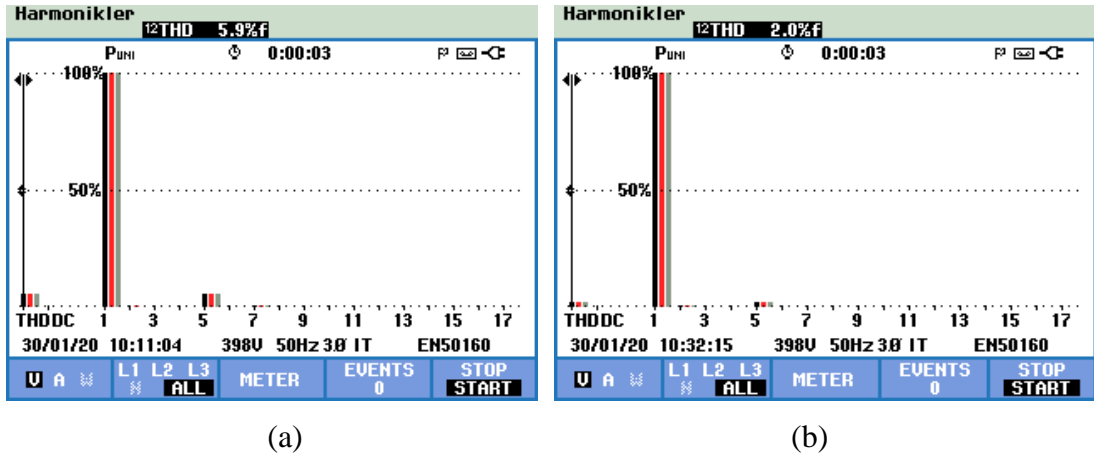
şekil 4.68 : 4'lü grublama 0° vuruuntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri şekil 4.69'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=142,87$ V, frekansı $f=50,646$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=70,32$ V, frekansı $f=50,608$ Hz'dir.



Şekil 4.69 : 4'lü Gruplama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.70'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,9 , 5. kademe de %2,0 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.70 : 4'lü Gruplama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.27'de 4'lü grup 0° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

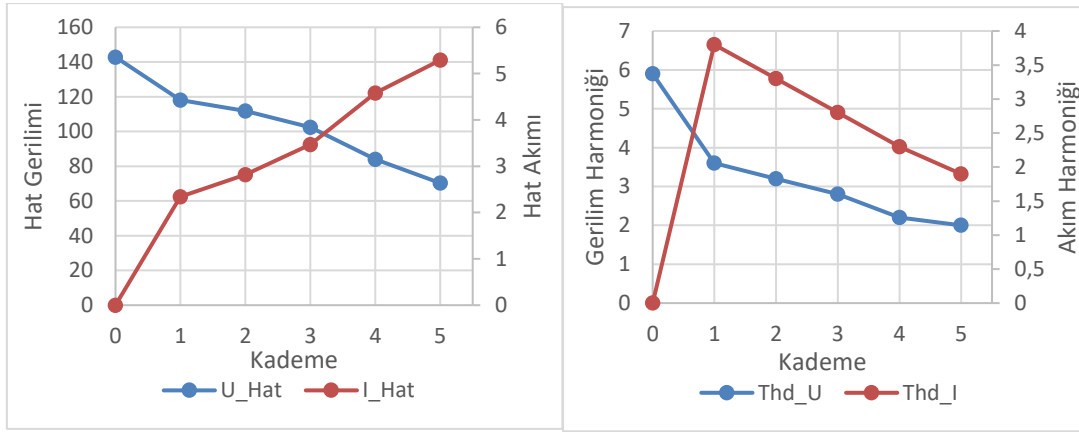
Çizelge 4.27 : 4'lü gruplama 0° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	Uh	Ih	THd_U	THd_I
4'lü gruplama 0°	0	50,646	142,87	0	5,9	0
	1	50,628	118,2	2,34	3,6	3,8
	2	50,621	111,86	2,82	3,2	3,3
	3	50,622	102,42	3,47	2,8	2,8
	4	50,619	84,02	4,58	2,2	2,3
	5	50,608	70,32	5,29	2	1,9

Şekil 4.71’de 4’lü gruplama 0° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,87 V’dan 5. kademede 70,32 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,34 A’dan 5. kademede 5,29 A’ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,9 V’dan 5. kademede 2 V’a, akım harmoniği 1. kademede 3,8 A’dan 5. kademede 1,9 A’ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.71 : 4’lü gruplama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

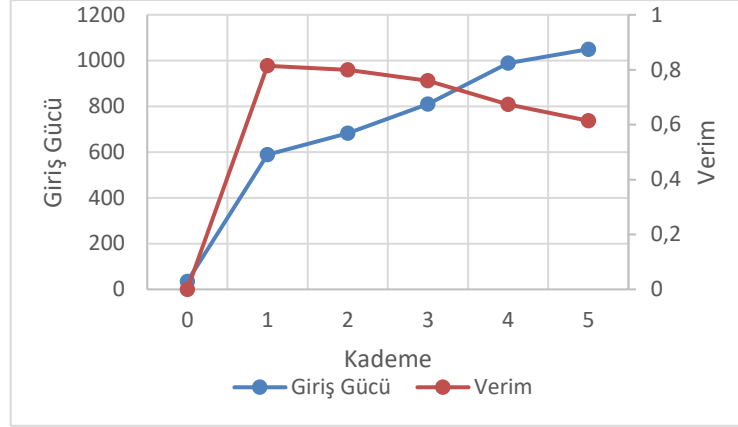
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.28’de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.28 : 4’lü gruplama 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,77	35,00	0
1	12,95	588,40	0,81
2	15,04	682,95	0,80
3	17,84	810,10	0,76
4	21,77	988,82	0,67
5	23,12	1049,61	0,61

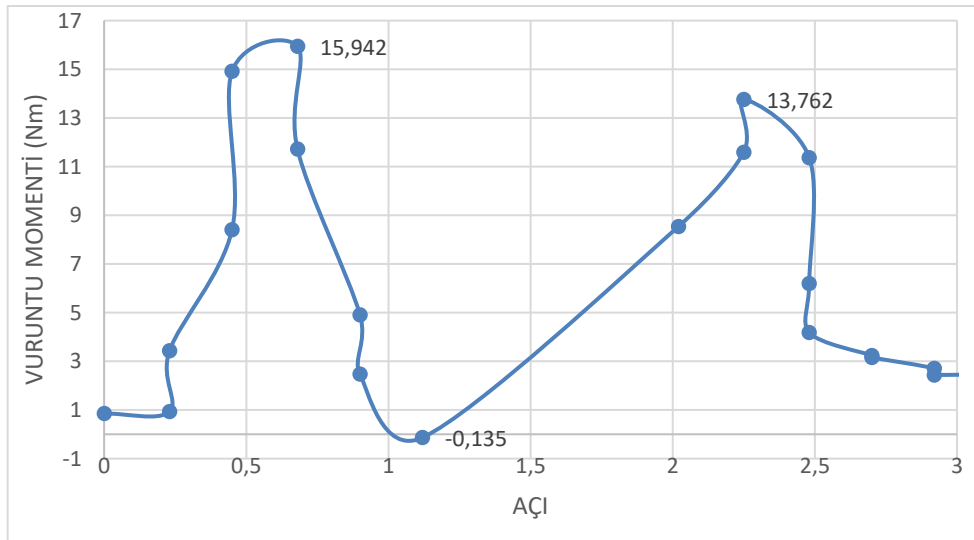
Şekil 4.72’de 4’lü grup 0° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.72 : 4’lü gruplama 0° giriş gücü ve verim değişimi.

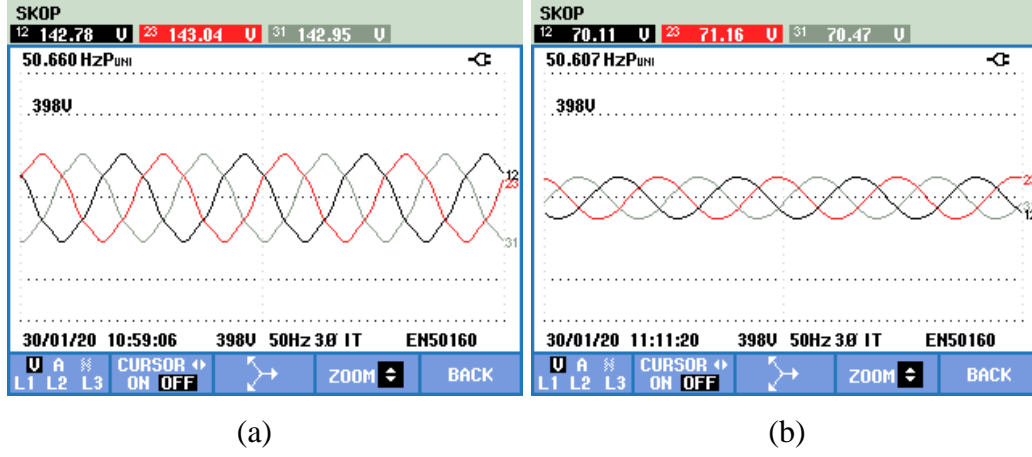
4.2.2. 4’lü gruplama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4’lü mıknatıs grupları arasında 30° derecelik açı olan ve 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.73’de verilmiştir. Moment salınımı $(-0,135)$ - $(15,942)$ Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 16,077 Nm ve ortalama moment salınımı $-3,142$ Nm’dir.



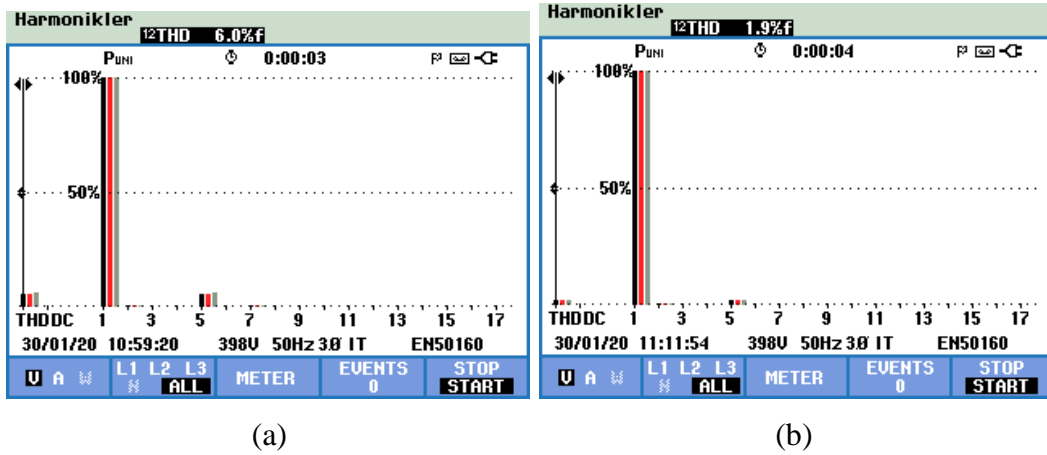
Şekil 4.73 : 4’lü gruplama 2° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.74’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=142,78$ V, frekansı $f=50,66$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=70,11$ V, frekansı $f=50,607$ Hz’dir.



Şekil 4.74 : 4’lü gruplama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.75’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %6,0 , 5. kademede %1,9 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.75 : 4’lü gruplama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.29’da 4’lü gruplama 2° mıknatis yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

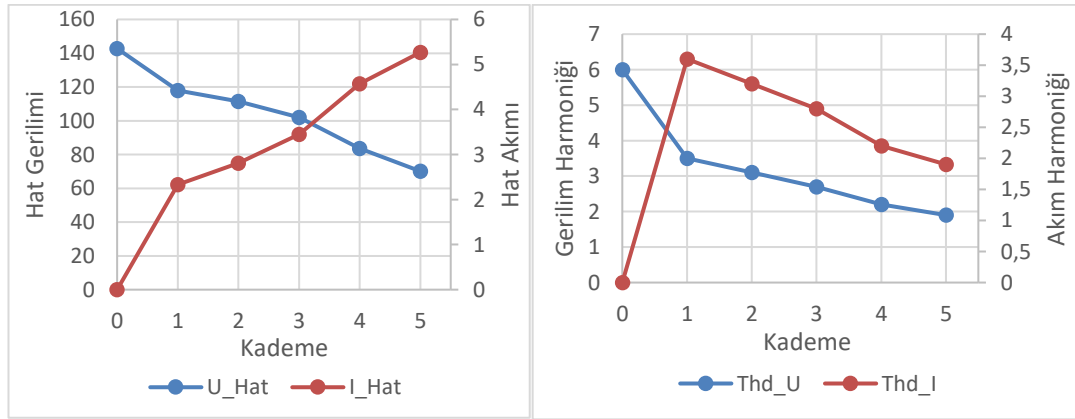
Çizelge 4.29 : 4'lü gruplama 2° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü gruplama 2°	0	50,66	142,78	0	6	0
	1	50,629	118,01	2,33	3,5	3,6
	2	50,62	111,42	2,81	3,1	3,2
	3	50,618	101,97	3,45	2,7	2,8
	4	50,615	83,64	4,57	2,2	2,2
	5	50,607	70,11	5,27	1,9	1,9

Şekil 4.76'da 4'lü grup 2° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,78 V'dan 5. kademedeki 70,11 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,33 A'den 5. kademedeki 5,27 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 6 V'dan 5. kademedeki 1,9 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3,6 A'den 5. kademedeki 1,9 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.76 : 4'lü gruplama 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

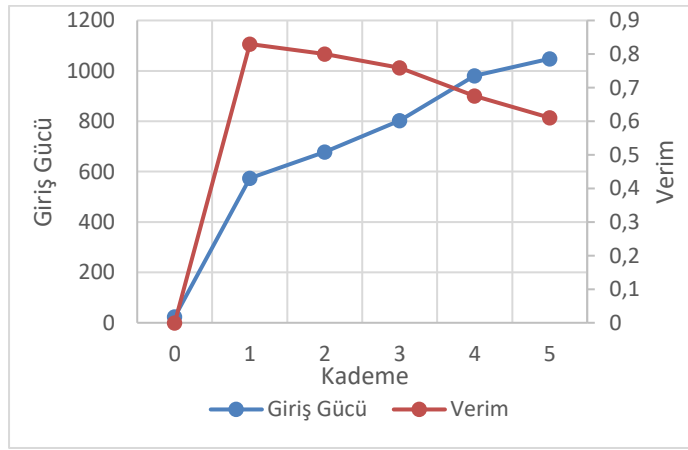
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.30'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.30 : 4'lü gruplama 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,51	23,35	0,00
1	12,64	573,94	0,83
2	14,92	677,42	0,80
3	17,68	803,08	0,76
4	21,60	980,61	0,68
5	23,08	1047,95	0,61

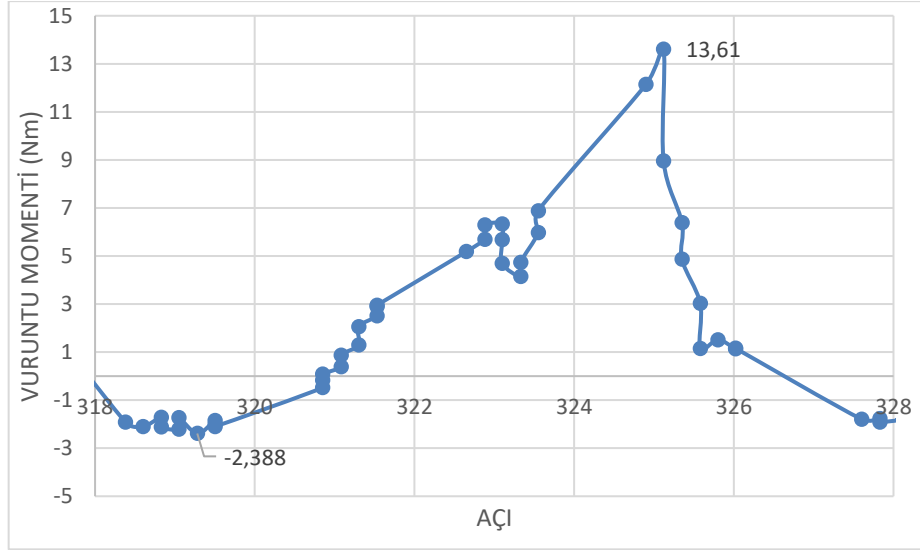
Şekil 4.77'de 4'lü gruplama 2° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.77 : 4'lü gruplama 2° giriş gücü ve verim değişimi.

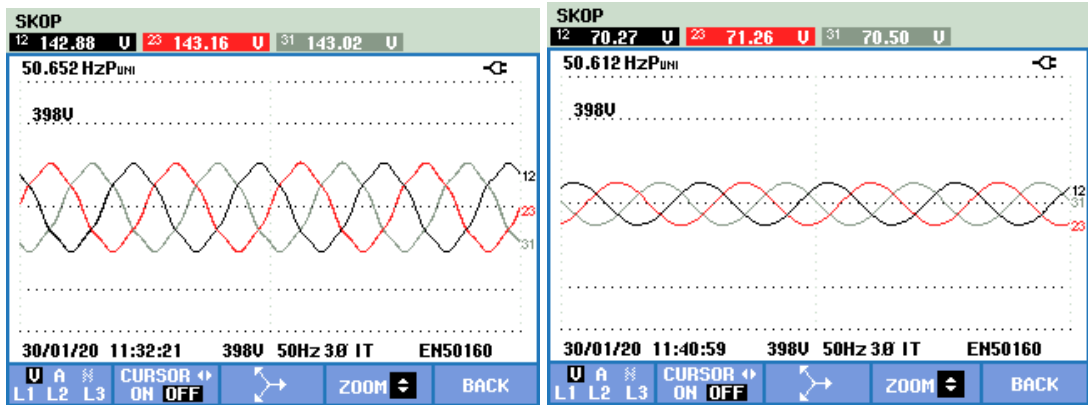
4.2.3. 4'lü gruplama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.78'de verilmiştir. Moment salınımı (-2,388)-(13,61) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 15,998 Nm ve ortalama moment salınımı -3,142 Nm'dir.



Şekil 4.78 : 4'lü grupta 4° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.79'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=142,78$ V, frekansı $f=50,66$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=70,11$ V, frekansı $f=50,607$ Hz'dir.

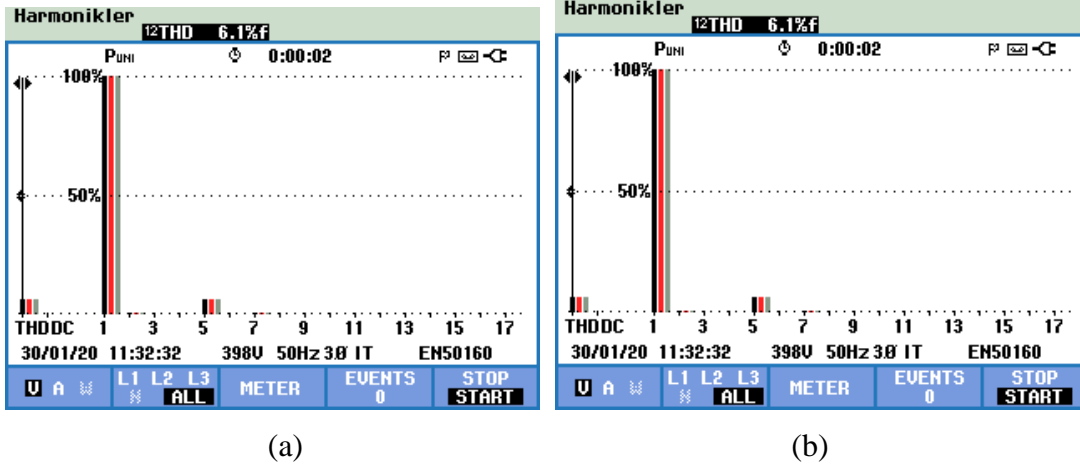


(a)

(b)

Şekil 4.79 : 4'lü grupta 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.80'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %6,0 , 5. kademede %1,9 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.80 : 4'lü gruplama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.31'de 4'lü gruplama 4° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

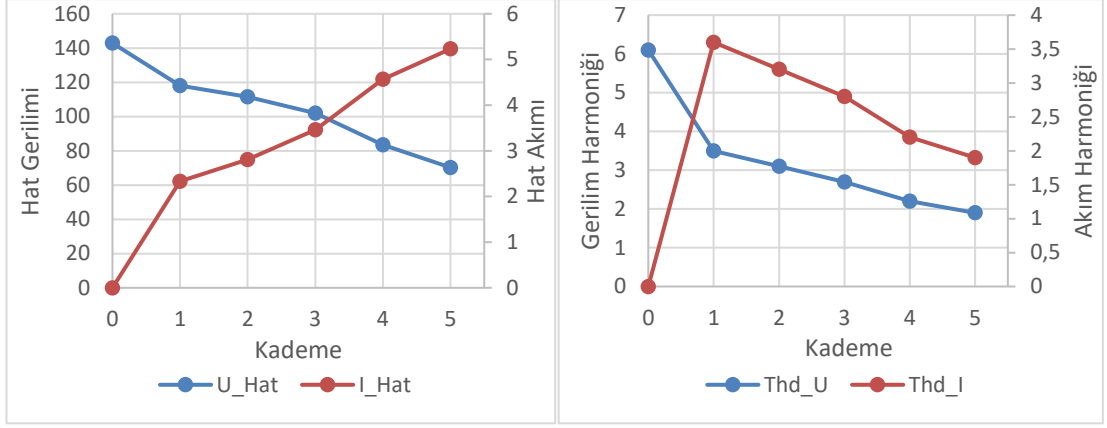
Çizelge 4.31 : 4'lü gruplama 4° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
4'lü gruplama 4°	0	50,625	142,88	0	6,1	0
	1	50,608	118,01	2,33	3,5	3,6
	2	50,632	111,51	2,81	3,1	3,2
	3	50,624	102,06	3,46	2,7	2,8
	4	50,616	83,52	4,57	2,2	2,2
	5	50,612	70,27	5,23	1,9	1,9

Şekil 4.81'de 4'lü grup 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,88 V'dan 5. kademedeki 70,27 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,33 A'den 5. kademedeki 5,23 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 6,1 V'dan 5. kademedeki 1,9 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3,6 A'den 5. kademedeki 1,9 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.81 : 4'lü grup 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

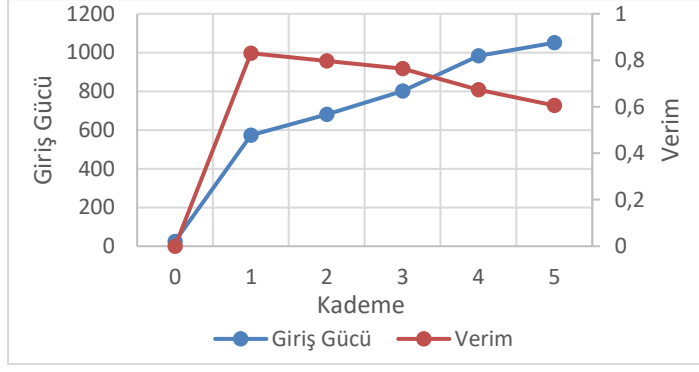
b) gerilim ve akım harmonik değişimi

Çizelge 4.32'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.32 : 4'lü grupta 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,55	25,07	0,00
1	12,63	573,54	0,83
2	14,98	680,43	0,80
3	17,62	800,41	0,76
4	21,63	982,07	0,67
5	23,14	1050,56	0,61

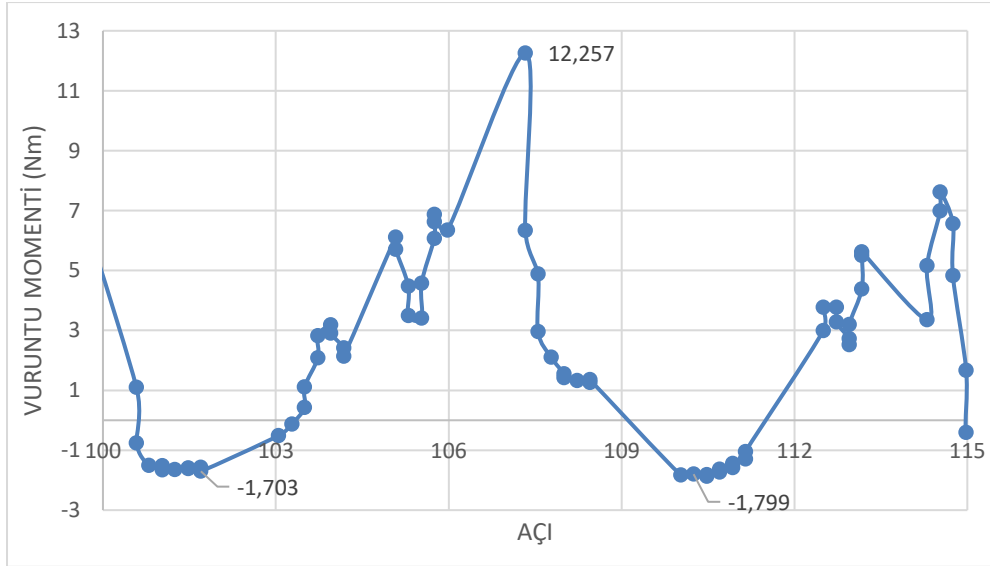
Şekil 4.82'de 4'lü grupta 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafıksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.82 : 4'lü gruplama 4° giriş gücü ve verim değişimi.

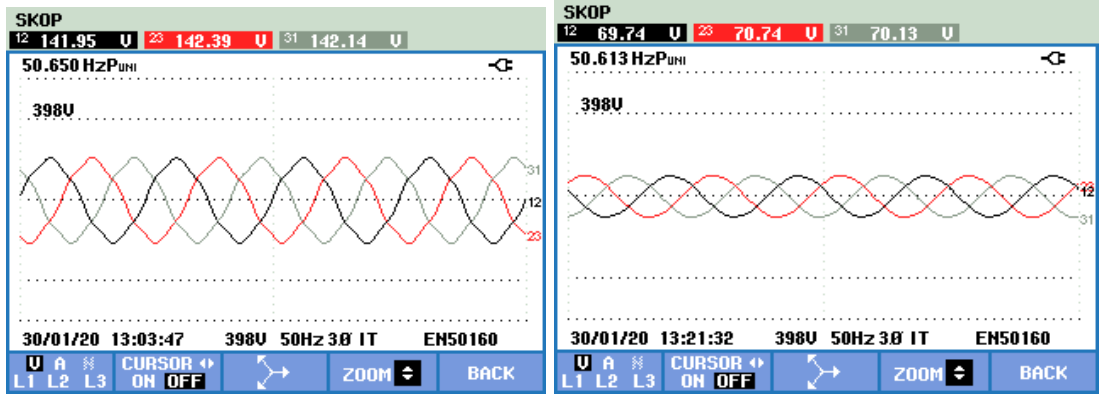
4.2.4. 4'lü gruplama 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.83'de verilmiştir. Moment salınımı (-1,799) - (12,257) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 14,056 Nm ve ortalama moment salınımı 1,429 Nm'dir.



Şekil 4.83 : 4'lü gruplama 6° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.84'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=141,95$ V, frekansı $f=50,65$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=69,74$ V, frekansı $f=50,613$ Hz'dir.

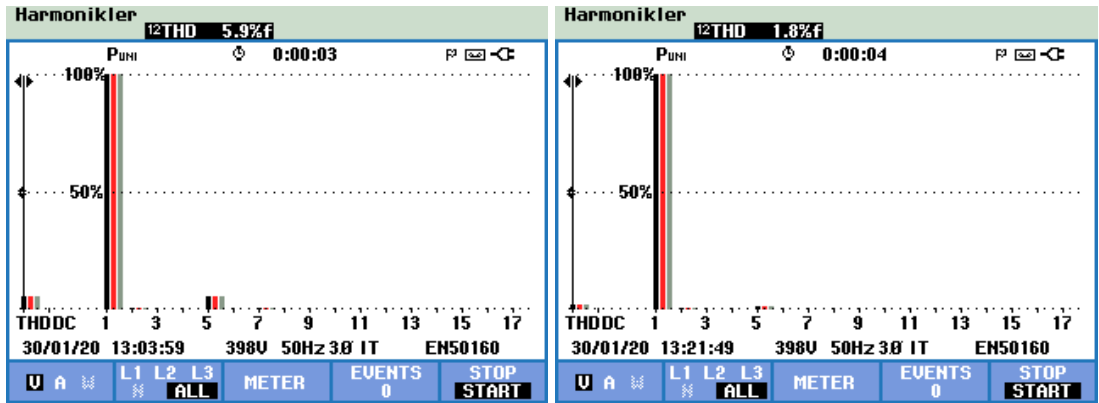


(a)

(b)

Şekil 4.84 : 4'lü gruplama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.85'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,9 , 5. kademedede %1,8 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.85 : 4'lü gruplama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.33'de 4'lü gruplama 6° mknatis yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

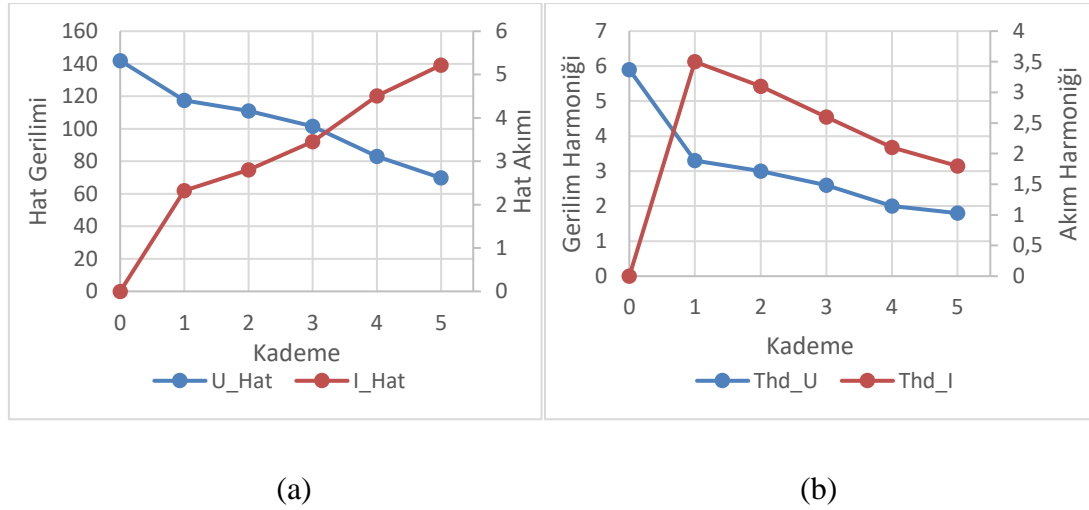
Çizelge 4.33 : 4'lü gruplama 6° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
4'lü gruplama 6°	0	50,65	141,95	0	5,9	0
	1	50,628	117,43	2,32	3,3	3,5
	2	50,626	110,88	2,8	3	3,1
	3	50,623	101,49	3,45	2,6	2,6
	4	50,616	83	4,51	2	2,1
	5	50,613	69,74	5,22	1,8	1,8

Şekil 4.86'da 4'lü grupta 6° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,95 V'dan 5. kademede 69,74 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,32 A'den 5. kademede 5,22 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,9 V'dan 5. kademede 1,8 V'a, akım harmoniği 1. kademede 3,5 A'den 5. kademede 1,8 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.86 : 4'lü grupta 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

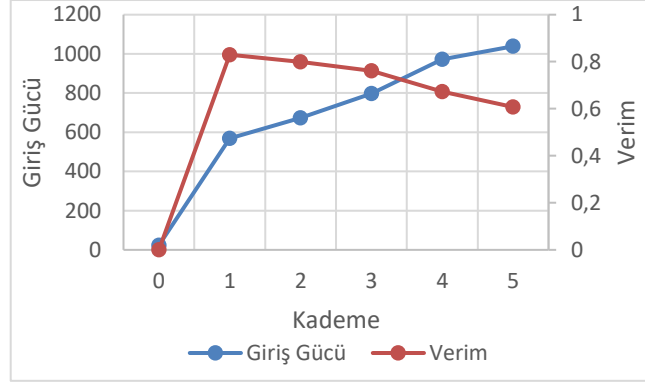
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.34'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.34 : 4'lü grupta 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,52	23,75	0,00
1	12,52	568,72	0,83
2	14,81	672,63	0,80
3	17,55	797,07	0,76
4	21,40	971,61	0,67
5	22,87	1038,66	0,61

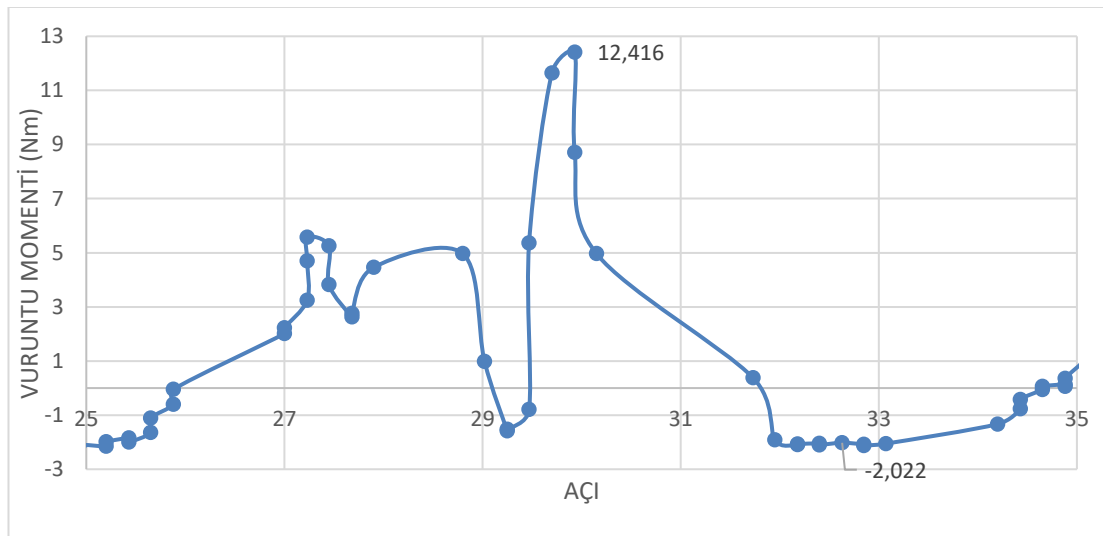
Şekil 4.87’de 4’lü grup 6° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselsel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.87 : 4’lü grup 6° giriş gücü ve verim değişimi.

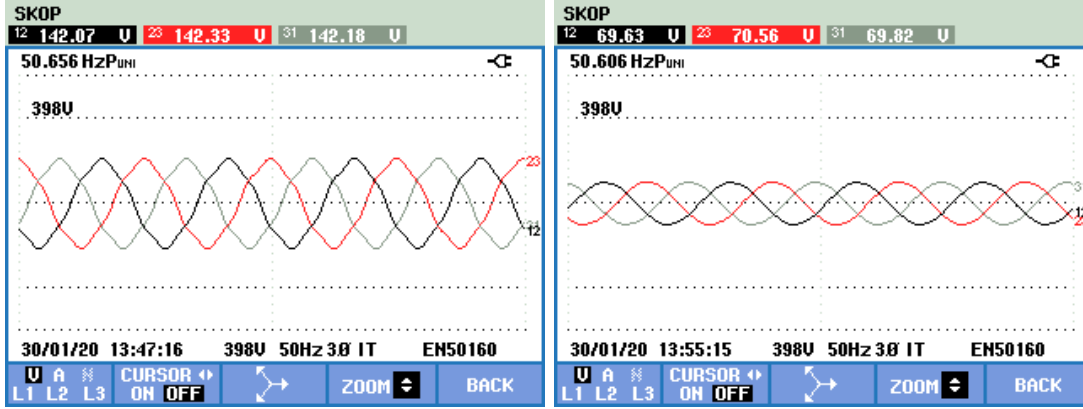
4.2.5. 4’lü gruplama 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4’li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 8 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruñtu momenti değerleri Şekil 4.88’de verilmiştir. Moment salınımı (-2,778)- (12,416) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 14,438 Nm ve ortalama moment salınımı 2,064 Nm’dir.



Şekil 4.88 : 4’lü gruplama 8° vuruñtu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.89'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=142,07$ V, frekansı $f=50,656$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=69,63$ V, frekansı $f=50,606$ Hz'dir.

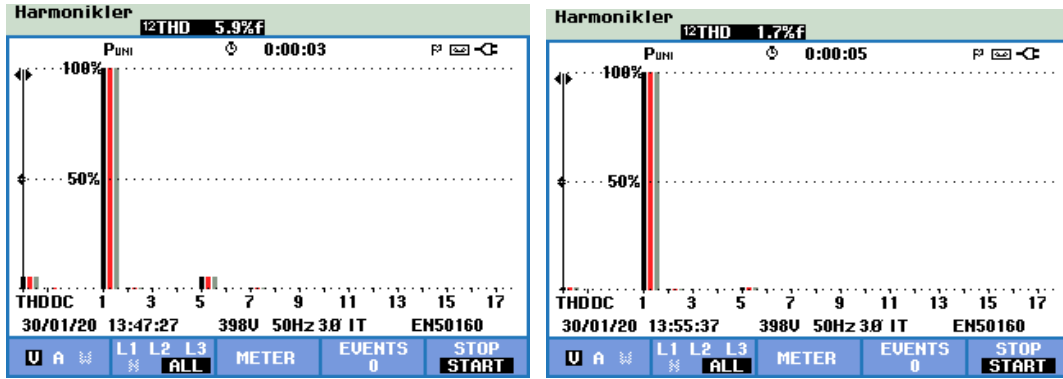


(a)

(b)

Şekil 4.89 : 4'lü gruplama 8° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.90'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,9 , 5. kademede %1,7 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.90 : 4'lü gruplama 8° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.35'de 4'lü grup 8° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

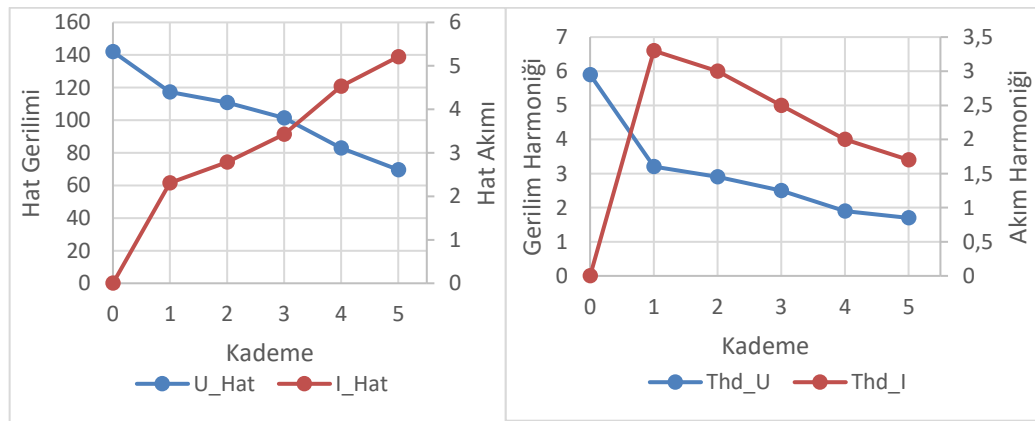
Çizelge 4.35 : 4'lü grupta 8° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü grupta 8°	0	50,656	142,07	0	5,9	0
	1	50,626	117,29	2,31	3,2	3,3
	2	50,617	110,83	2,79	2,9	3
	3	50,624	101,48	3,43	2,5	2,5
	4	50,618	83,04	4,53	1,9	2
	5	50,606	69,63	5,21	1,7	1,7

Şekil 4.91’de 4’lü grupta 8° mıknaıtı yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 142,07 V’dan 5. kademedede 69,63 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedede 2,31 A’dan 5. kademedede 5,21 A’e yükselmektedir. Yük kademesi arttıka hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,9 V’dan 5. kademedede 1,7 V’a, akım harmoniği 1. kademedede 3,3 A’dan 5. kademedede 1,7 A’e azalmaktadır. Yük kademesi arttıka hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.91 : 4’lü grupta 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

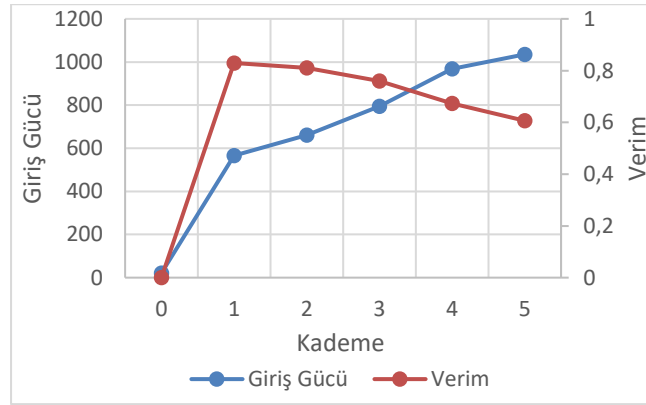
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.36’da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.36 : 4'lü gruplama 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,47	21,40	0,00
1	12,46	565,71	0,83
2	14,56	661,27	0,81
3	17,48	794,04	0,76
4	21,33	968,64	0,67
5	22,80	1035,35	0,61

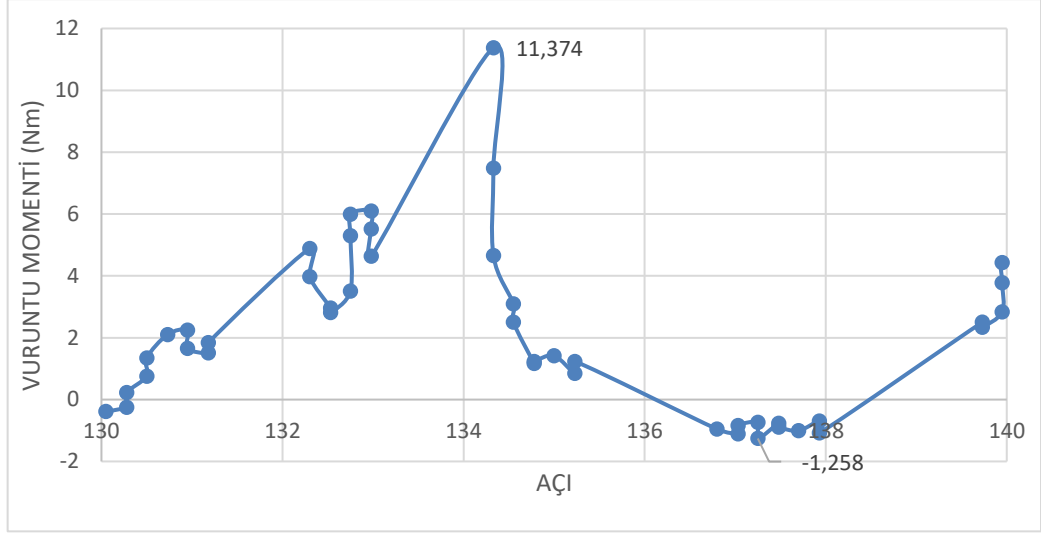
Şekil 4.92'de 4'lü gruplama 8° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.92 : 4'lü grup 8° giriş gücü ve verim değişimi.

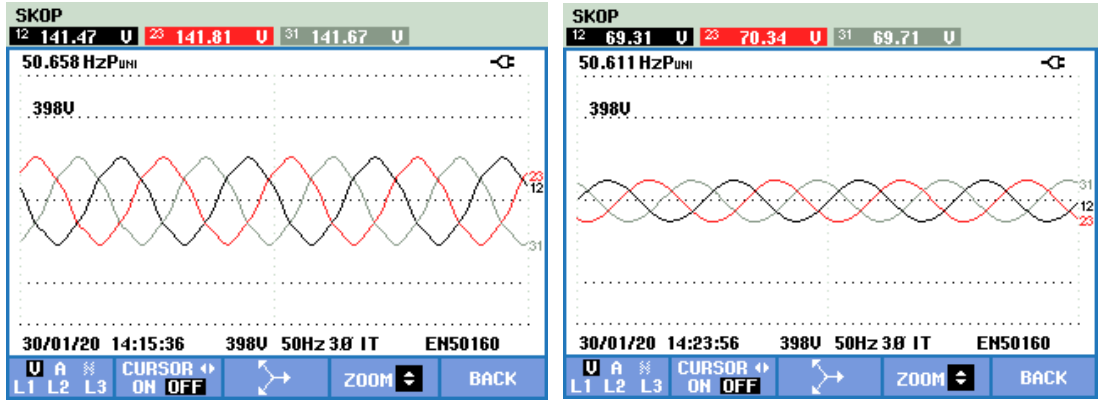
4.2.6. 4'lü gruplama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.93'da verilmiştir. Moment salınımı (-1,258) - (11,374) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 12,632 Nm ve ortalama moment salınımı 0,864 Nm'dir.



Şekil 4.93 : 4'lü gruplama 10° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademedeki elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.94'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=141,47$ V, frekansı $f=50,658$ Hz ve 5. kademedeki hat gerilimi $U_{hat}=69,31$ V, frekansı $f=50,611$ Hz'dir.

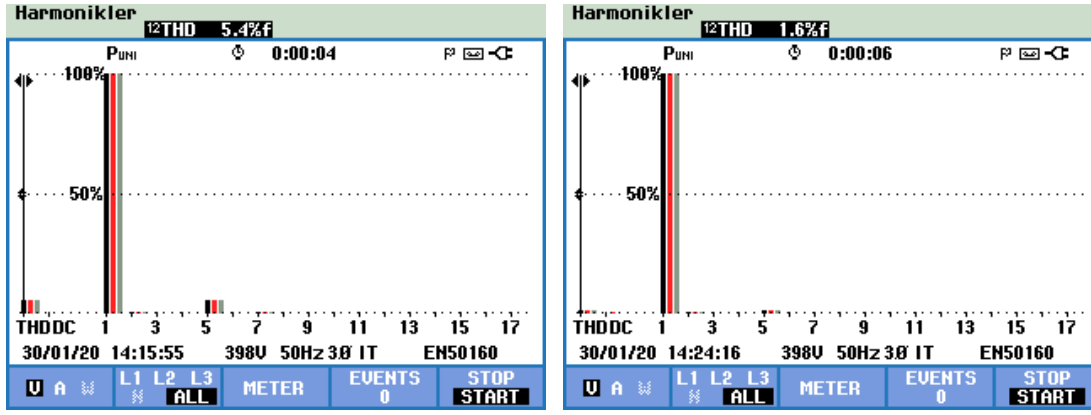


(a)

(b)

Şekil 4.94 : 4'lü gruplama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.95'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %5,4 , 5. kademedeki %1,6 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.95 : 4'lü gruplama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.37'de 4'lü grup 10° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

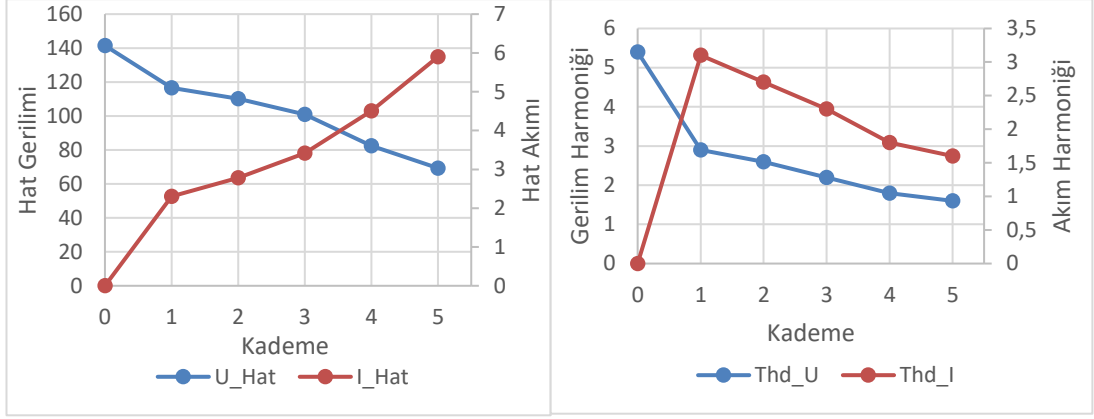
Çizelge 4.37 : 4'lü gruplama 10° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü gruplama 10°	0	50,658	141,47	0	5,4	0
	1	5,63	116,65	2,3	2,9	3,1
	2	50,63	110,24	2,78	2,6	2,7
	3	50,622	100,85	3,42	2,2	2,3
	4	50,616	82,51	4,51	1,8	1,8
	5	50,611	69,31	5,9	1,6	1,6

Şekil 4.96'de 4'lü grup 10° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,47 V'dan 5. kademedeki 69,31 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,3 A'den 5. kademedeki 5,9 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 5,4 V'dan 5. kademedeki 1,6 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 3,1 A'den 5. kademedeki 1,6 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.96 : 4'lü gruplama 10° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

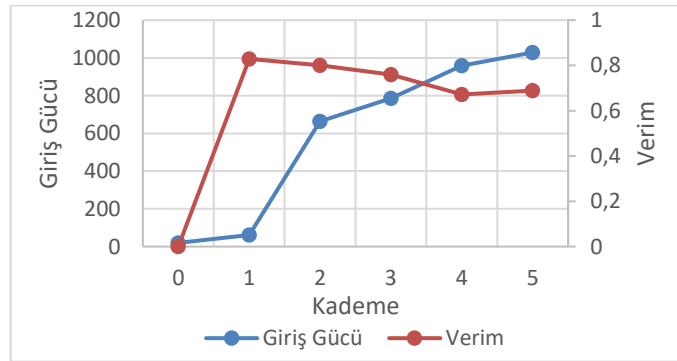
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.38'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.38 : 4'lü gruplama 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,44	19,84	0,00
1	12,33	62,30	0,83
2	14,60	663,07	0,80
3	17,31	786,09	0,76
4	21,11	958,54	0,67
5	22,65	1028,55	0,69

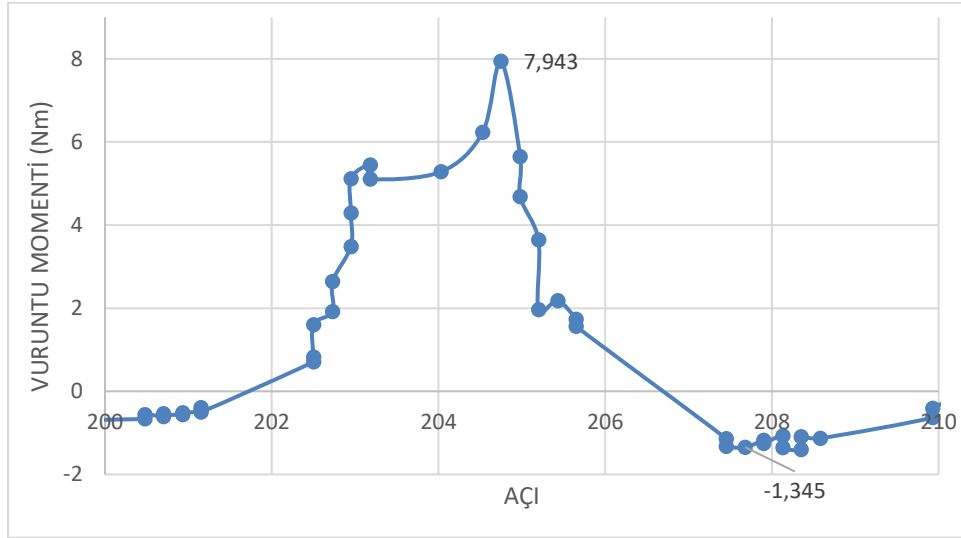
Şekil 4.97'de 4'lü grup 10° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.97 : 4'lü gruplama 10° giriş gücü ve verim değişimi

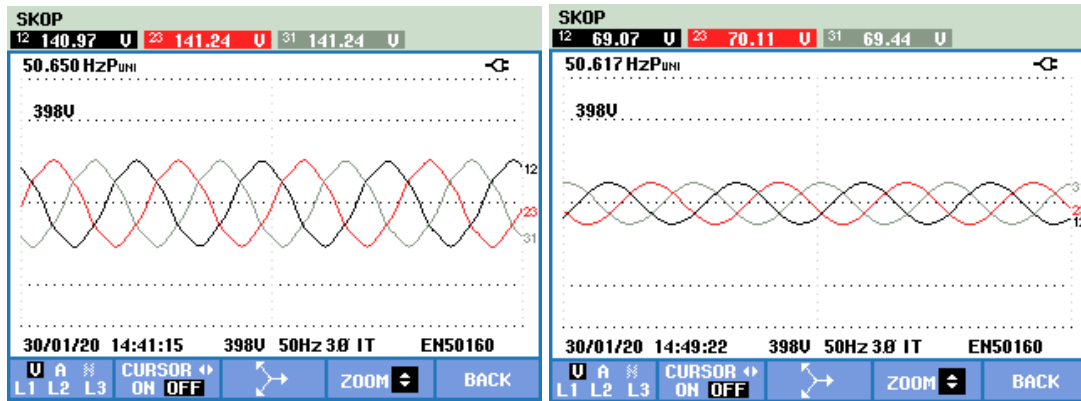
4.2.7. 4'lü grupta 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.98'de verilmiştir. Moment salınımı (-1,345) - (7,943) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 9,288 Nm ve ortalama moment salınımı 0,1581 Nm'dir.



Şekil 4.98 : 4'lü grupta 12° vuru mu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.99'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,97$ V, frekansı $f=50,65$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=69,07$ V, frekansı $f=50,617$ Hz'dir.

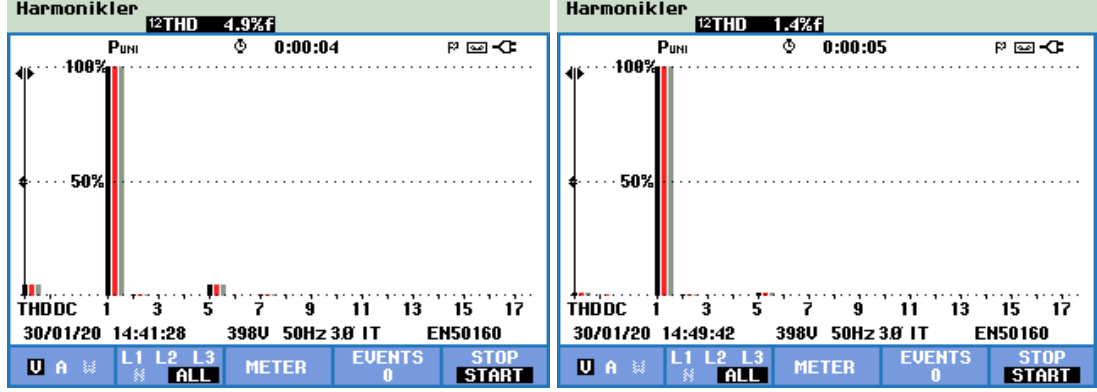


(a)

(b)

Şekil 4.99 : 4'lü grupta 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.100'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,9 , 5. kademede %1,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.100 : 4'lü gruplama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.39'da 4'lü gruplama 12° mıknaıtıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

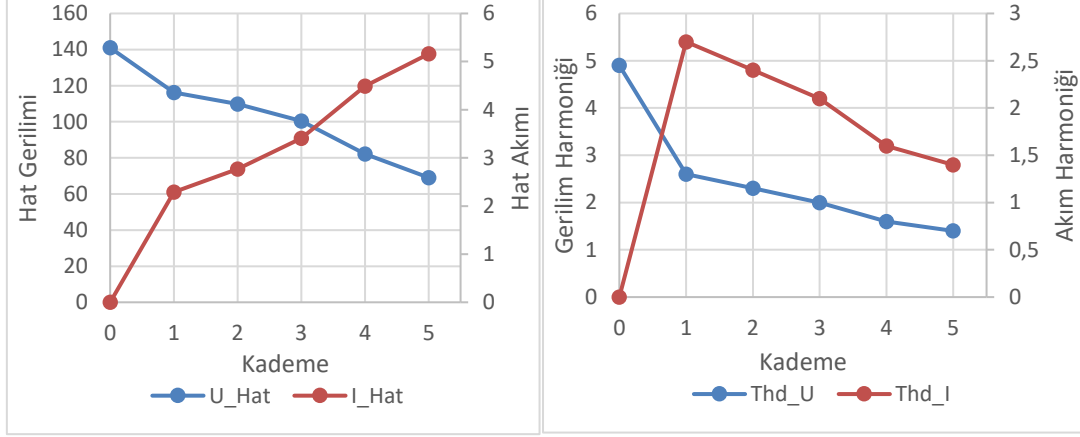
Çizelge 4.39 : 4'lü gruplama 12° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü gruplama 12°	0	50,65	140,97	0	4,9	0
	1	50,627	116,27	2,29	2,6	2,7
	2	50,625	109,82	2,77	2,3	2,4
	3	50,615	100,39	3,41	2	2,1
	4	50,61	82,25	4,49	1,6	1,6
	5	50,617	69,07	5,16	1,4	1,4

Şekil 4.101'de 4'lü grup 12° mıknaıtıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,97 V'dan 5. kademede 69,07 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,29 A'den 5. kademede 5,16 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,9 V'dan 5. kademede 1,4 V'a, akım harmoniği 1. kademede 2,7 A'den 5. kademede 1,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.101 : 4'lü gruplama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

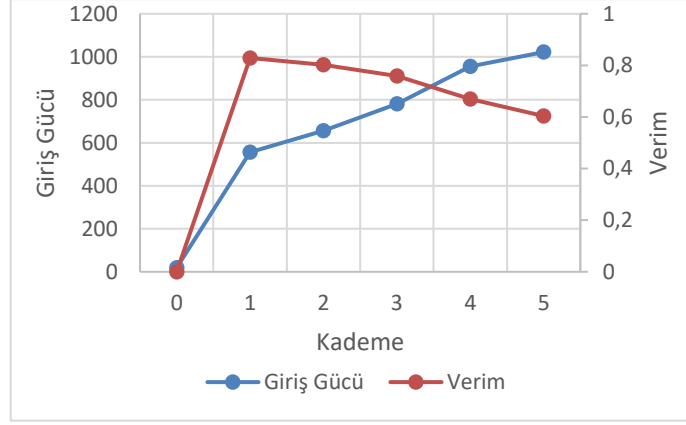
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.40'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.40 : 4'lü gruplama 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,43	19,46	0,00
1	12,25	556,49	0,83
2	14,45	656,36	0,80
3	17,22	781,76	0,76
4	21,03	954,77	0,67
5	22,50	1021,83	0,60

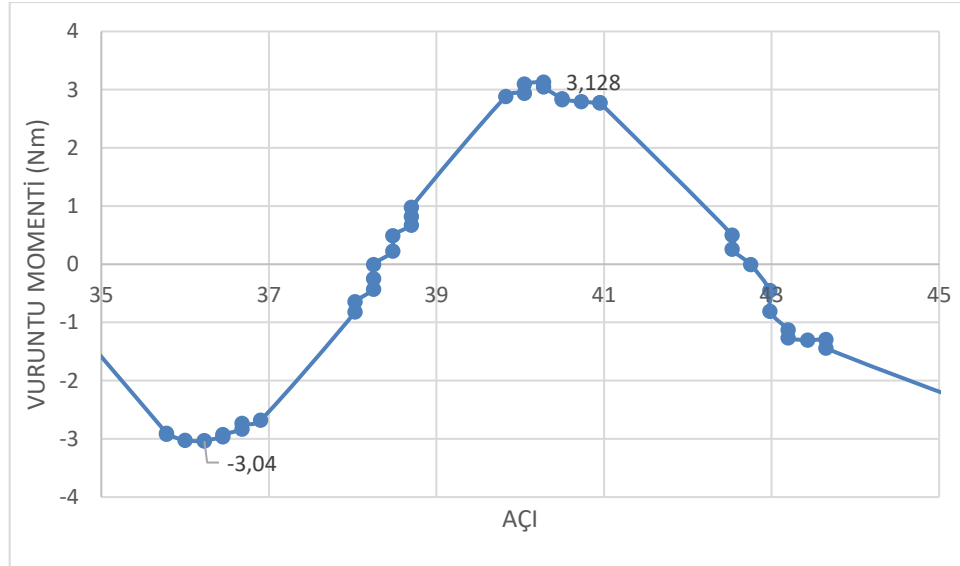
Şekil 4.102'de 4'lü gruplama 12° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.102 : 4'lü gruplama 12° giriş gücü ve verim değişimi.

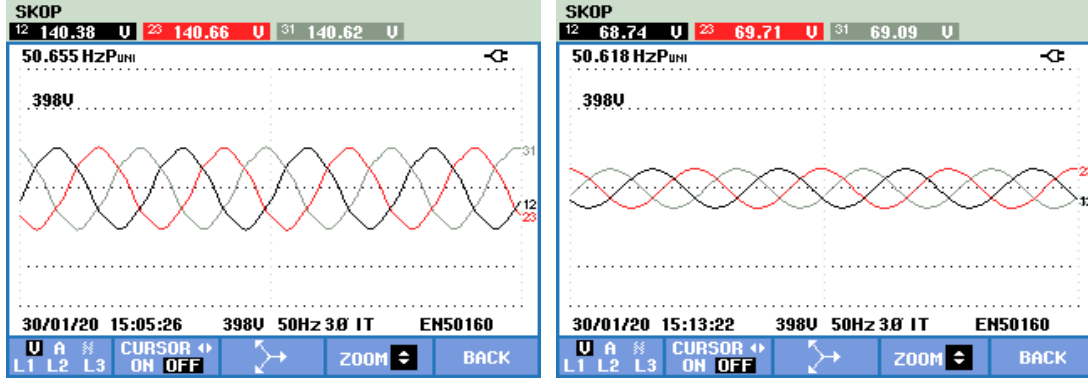
4.2.8. 4'lü gruplama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'li mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Şekil 4.103'de verilmiştir. Moment salınımı (-3,04) - (3,128) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 6,168 Nm ve ortalama moment salınımı 0,171 Nm'dir.



Şekil 4.103 : 4'lü gruplama 14° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.104'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,38$ V, frekansı $f=50,655$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=68,74$ V, frekansı $f=50,618$ Hz'dir.

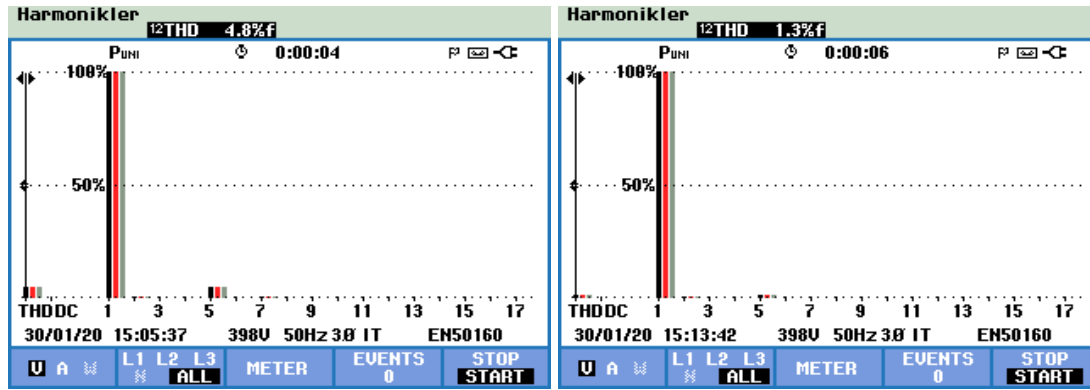


(a)

(b)

Şekil 4.104 : 4'lü gruplama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.105'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,8 , 5. kademe de %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.105 : 4'lü gruplama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.41'de 4'lü grup 14° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

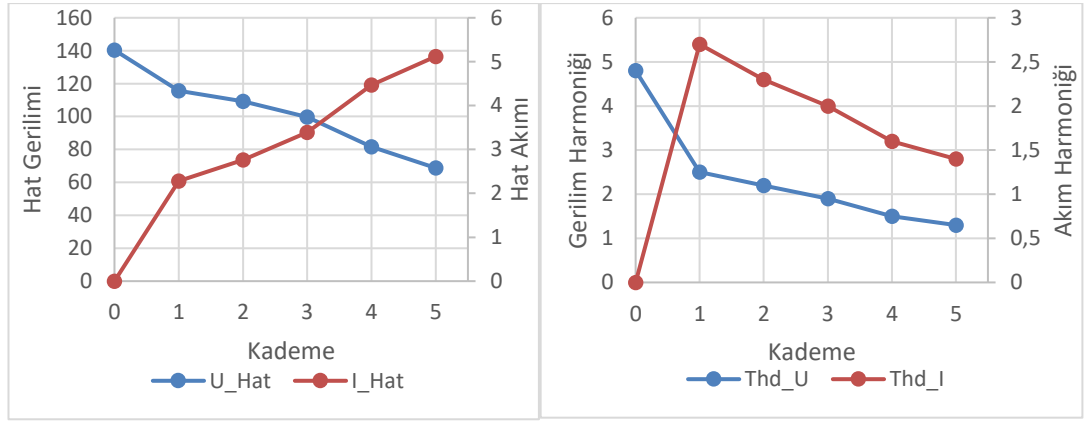
Çizelge 4.41 : 4'lü gruplama 14° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
4'lü gruplama 14°	0	50,625	140,38	0	4,8	0
	1	50,632	115,62	2,28	2,5	2,7
	2	50,621	109,18	2,76	2,2	2,3
	3	50,626	99,78	3,39	1,9	2
	4	50,616	81,54	4,47	1,5	1,6
	5	50,618	68,74	5,12	1,3	1,4

Şekil 4.106'de 4'lü grupta 14° miktarda yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,38 V'dan 5. kademe 68,74 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademe 2,28 A'den 5. kademe 5,12 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,8 V'dan 5. kademe 1,3 V'a, akım harmoniği 1. kademe 2,7 A'den 5. kademe 1,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.106 : 4'lü grupta 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

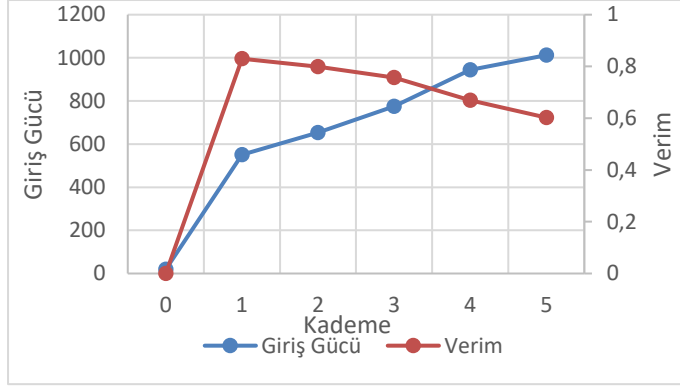
b) gerilim ve akım harmonik değişimi

Çizelge 4.42'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.42 : 4'lü grupta 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,43	19,54	0,00
1	12,11	550,30	0,83
2	14,38	652,83	0,80
3	17,05	774,24	0,76
4	20,79	943,84	0,67
5	22,29	1012,24	0,60

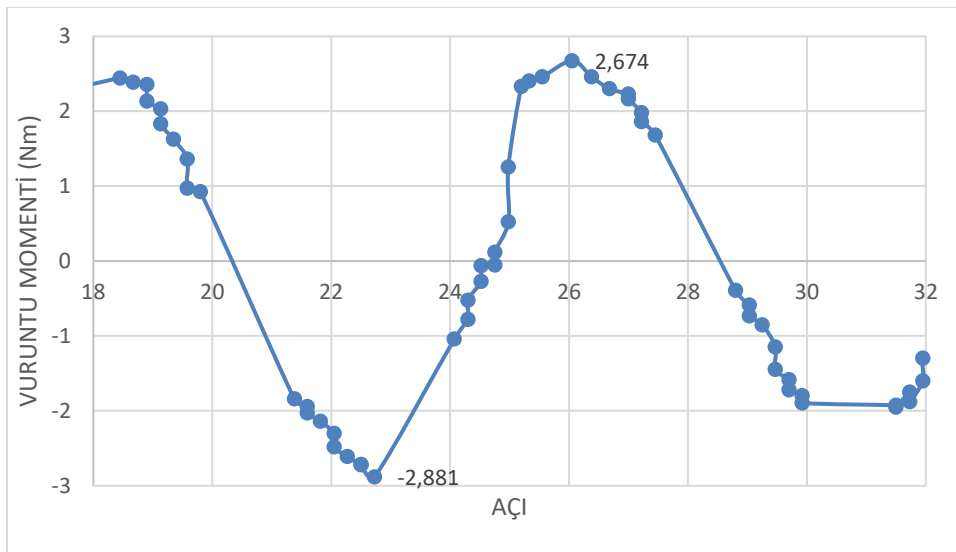
Şekil 4.107’de 4’lü gruplama 14° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselsel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.107 : 4’lü gruplama 14° giriş gücü ve verim değişimi.

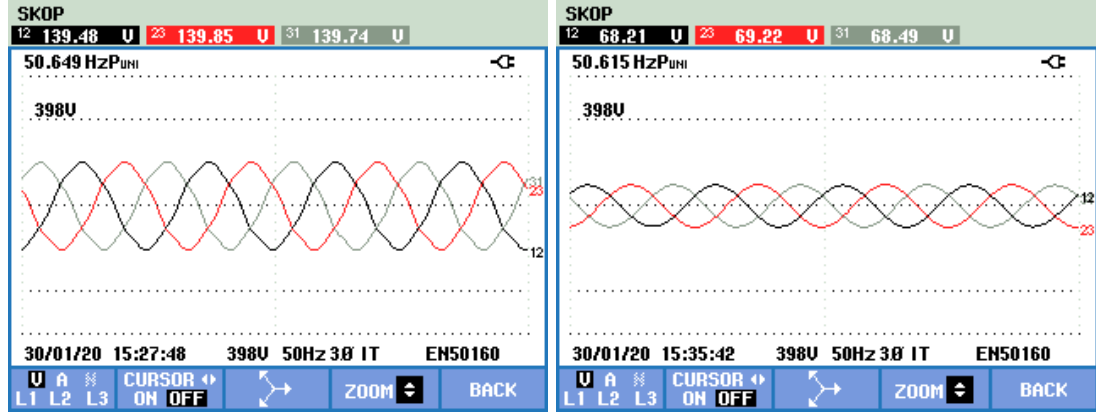
4.2.9. 4’lü gruplama 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4’lü mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 16 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.108’de verilmiştir. Moment salınımı (-2,881) - (2,674) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,555 Nm ve ortalama moment salınımı 0,0868 Nm’dir.



Şekil 4.108 : 4’lü gruplama 16° vuru mu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.109'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=139,48$ V, frekansı $f=50,649$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=68,21$ V, frekansı $f=50,615$ Hz'dir.

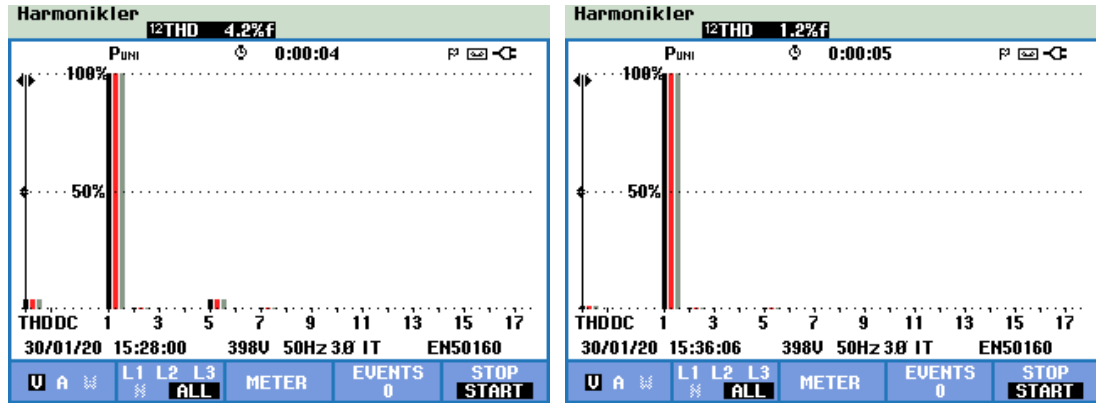


(a)

(b)

Şekil 4.109 : 4'lü gruplama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.110'da 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,2 , 5. kademede %1,2 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.110 : 4'lü gruplama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.43'de 4'lü grup 16° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

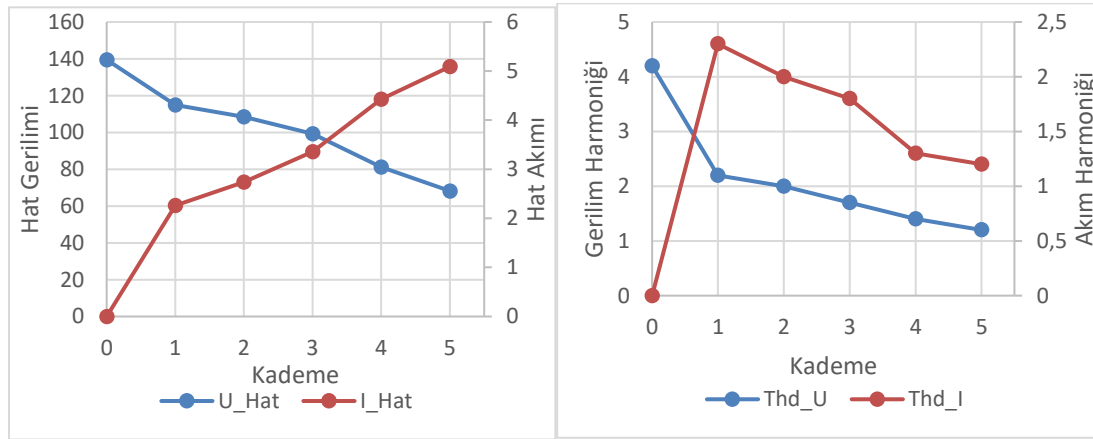
Çizelge 4.43 : 4'lü grupta 16° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü grupta 16°	0	50,649	139,48	0	4,2	0
	1	50,634	114,99	2,26	2,2	2,3
	2	50,627	108,47	2,74	2	2
	3	50,629	99,19	3,36	1,7	1,8
	4	50,618	81,11	4,43	1,4	1,3
	5	50,615	68,21	5,09	1,2	1,2

Şekil 4.111'de 4'lü grup 16° miktarda yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 139,48 V'dan 5. kademe 68,21 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademe 2,26 A'den 5. kademe 5,09 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,2 V'dan 5. kademe 1,2 V'a, akım harmoniği 1. kademe 2,3 A'den 5. kademe 1,2 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.111 : 4'lü grupta 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

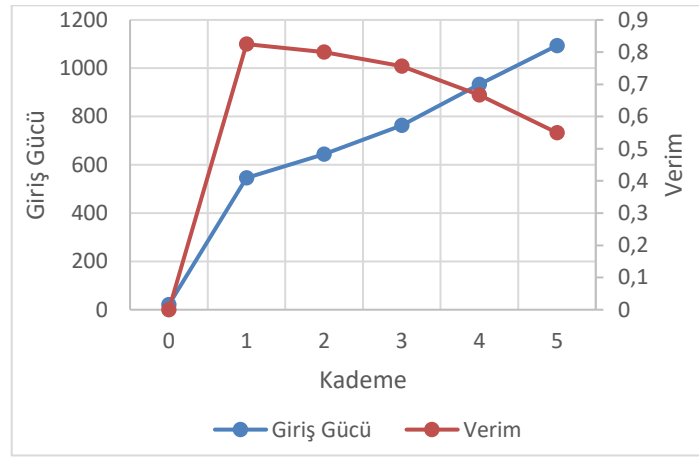
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.44'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.44 : 4'lü gruplama 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,45	20,55	0,00
1	12,01	545,73	0,82
2	14,17	643,80	0,80
3	16,80	763,15	0,76
4	20,54	932,95	0,67
5	24,09	1093,91	0,55

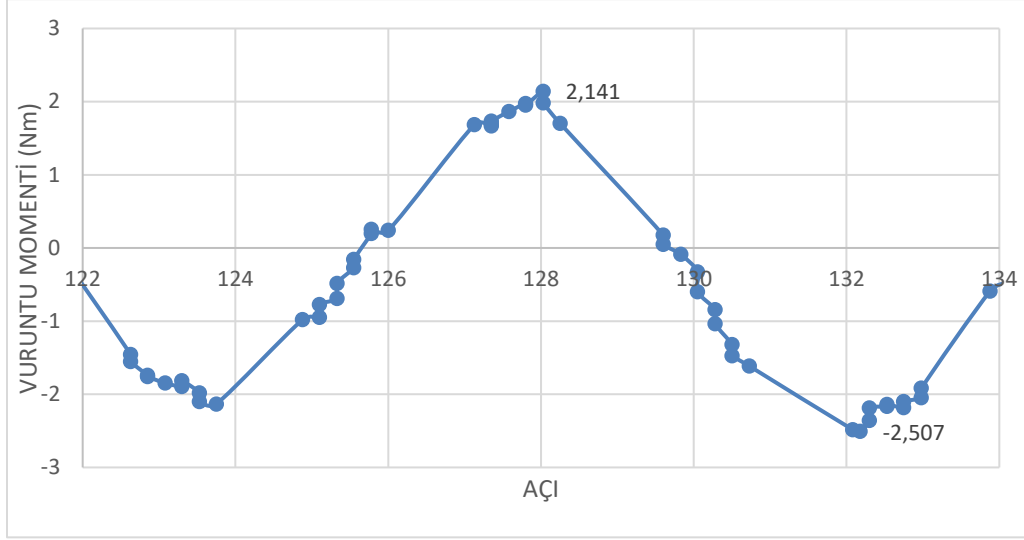
Şekil 4.112'de 4'lü grup 16° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.112 : 4'lü gruplama 16° giriş gücü ve verim değişimi.

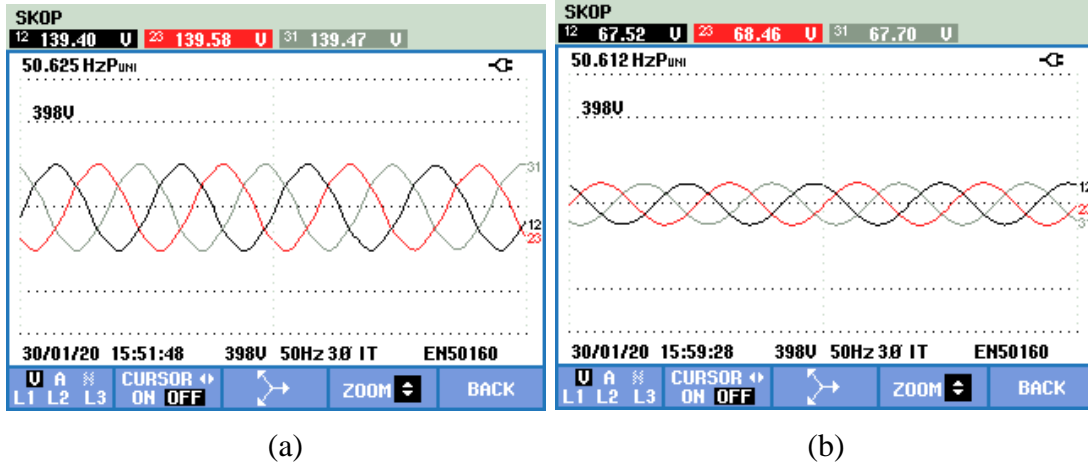
4.2.10. 4'lü gruplama 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'lü mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru momentleri değerleri Şekil 4.113'da verilmiştir. Moment salınımı (-2,507) - (2,141) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 4,648 Nm ve ortalama moment salınımı 0,0371 Nm'dir.



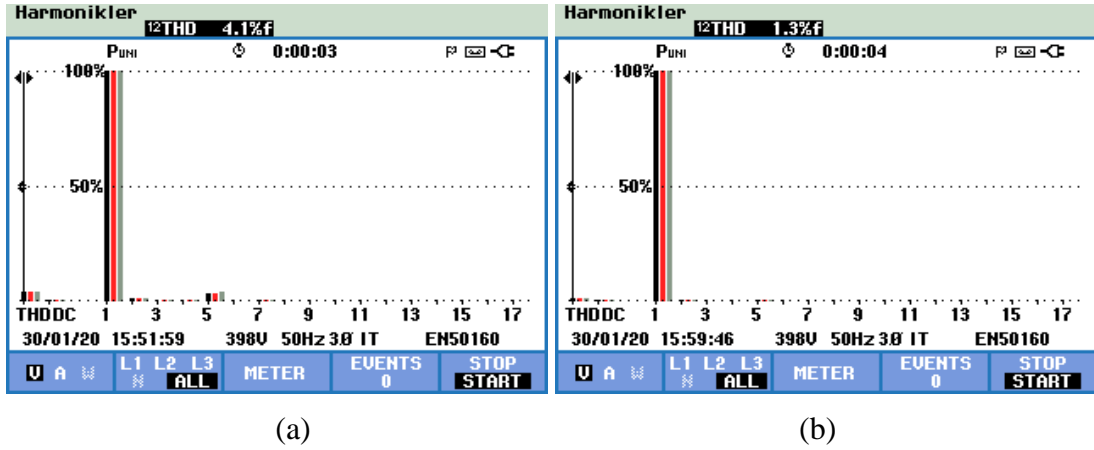
Şekil 4.113 : 4'lü grupta 18° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.114'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=139,4$ V, frekansı $f=50,625$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=67,52$ V, frekansı $f=50,612$ Hz'dir.



Şekil 4.114 : 4'lü grupta 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.115'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,1 , 5. kademede %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.115 : 4'lü gruplama 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.45'de 4'lü gruplama 18° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

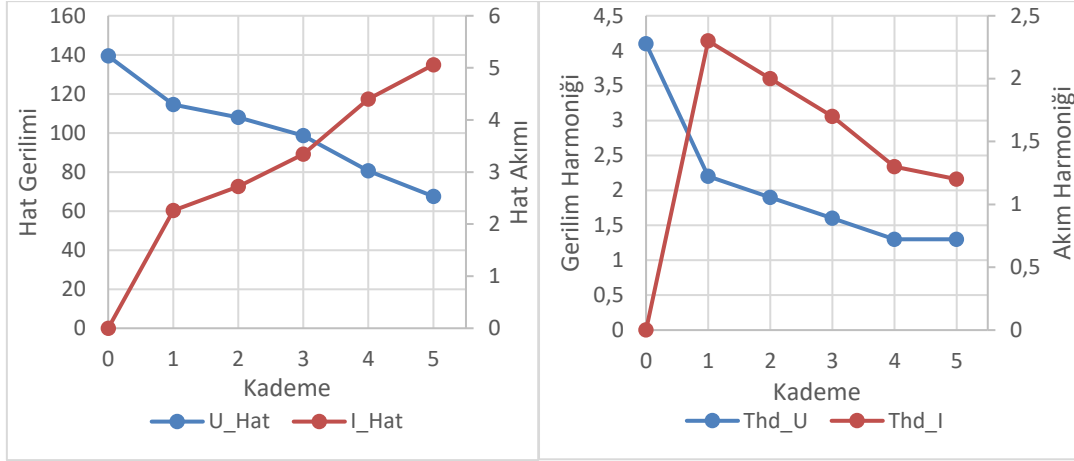
Çizelge 4.45 : 4'lü gruplama 18° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
4'lü gruplama 18°	0	50,625	139,4	0	4,1	0
	1	50,628	114,46	2,26	2,2	2,3
	2	50,627	107,97	2,72	1,9	2
	3	50,618	98,68	3,34	1,6	1,7
	4	50,606	80,63	4,4	1,3	1,3
	5	50,612	67,52	5,06	1,3	1,2

Şekil 4.116'da 4'lü gruplama 18° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 139,4 V'dan 5. kademe 67,52 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademe 2,26 A'den 5. kademe 5,06 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,1 V'dan 5. kademe 1,3 V'a, akım harmoniği 1. kademe 2,3 A'den 5. kademe 1,2 A'e azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.116 : 4'lü gruplama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

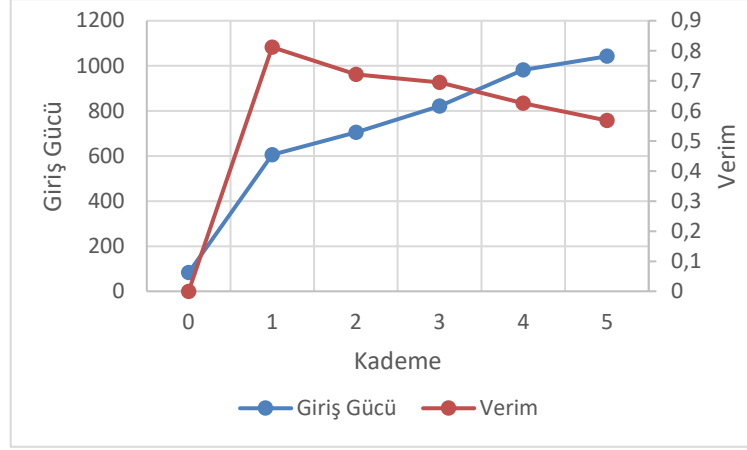
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.46'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.46 : 4'lü gruplama 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	1,82	82,65	0
1	12,14	551,53	0,81
2	15,53	705,50	0,72
3	18,08	821,21	0,70
4	21,64	982,37	0,63
5	22,95	1042,07	0,57

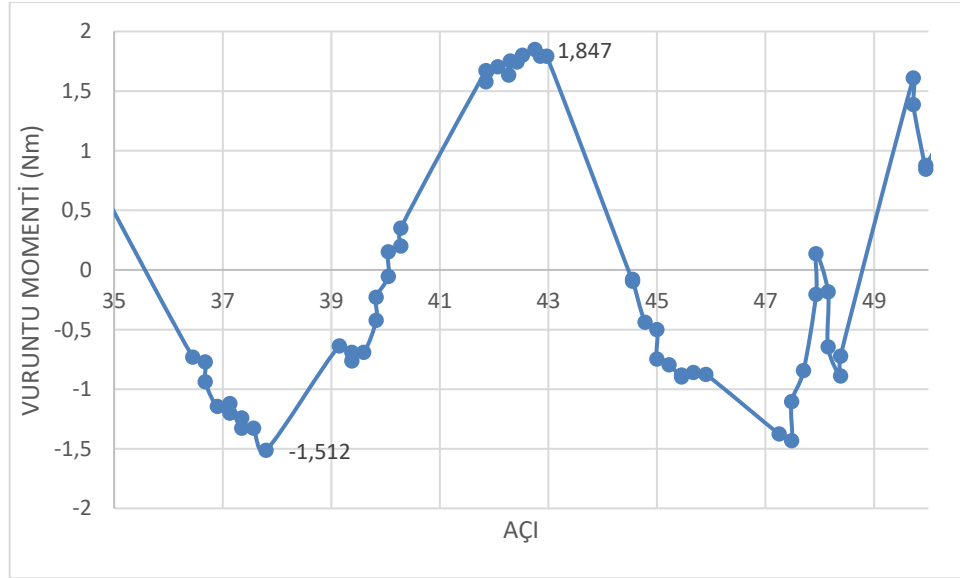
Şekil 4.117'de 4'lü gruplama 18° mknatis yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselsel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.117 : 4'lü gruplama 18° giriş gücü ve verim değişimi.

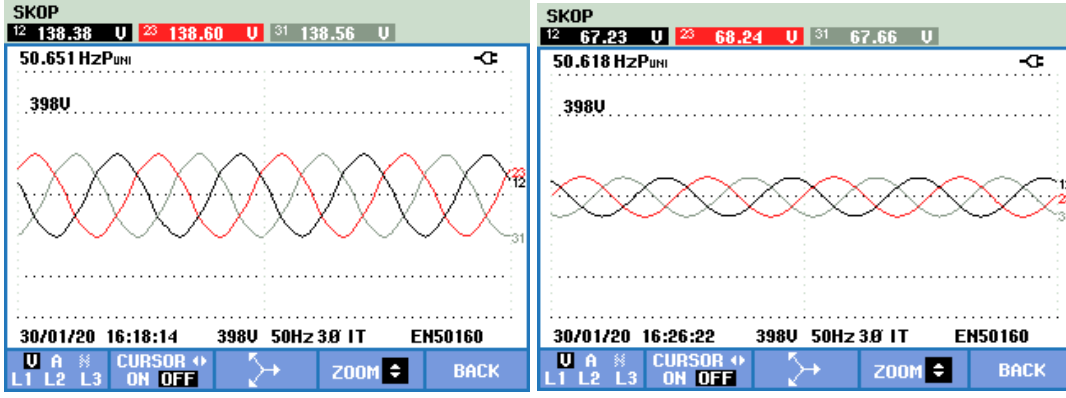
4.2.11. 4'lü gruplama 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4'lü mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Grafik 4.118'de verilmiştir. Moment salınımı (-1,512) - (1,847) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 3,359 Nm ve ortalama moment salınımı 0,145 Nm'dir.



Şekil 4.118 : 4'lü gruplama 20° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.119'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=139,4$ V, frekansı $f=50,625$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=67,52$ V, frekansı $f=50,612$ Hz'dir.

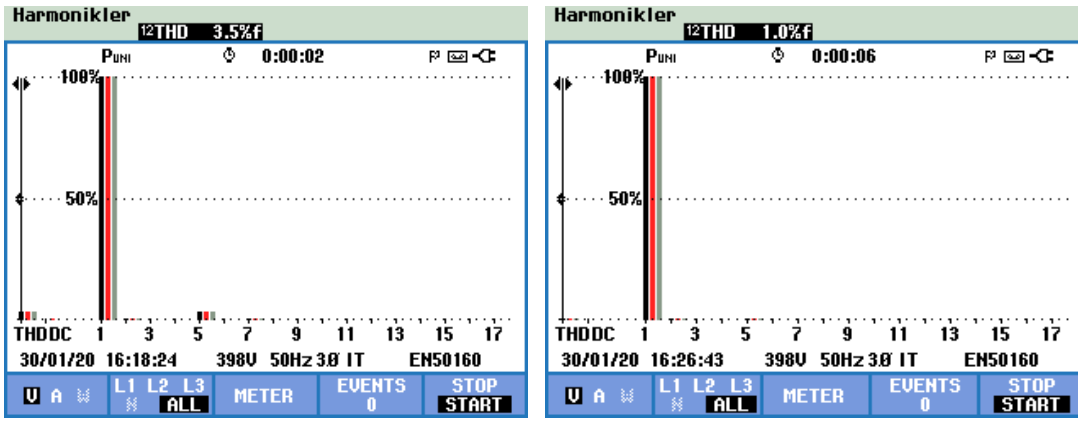


(a)

(b)

Şekil 4.119 : 4'lü gruplama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.120'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,1 , 5. kademede %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.120 : 4'lü gruplama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.47'de 4'lü gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

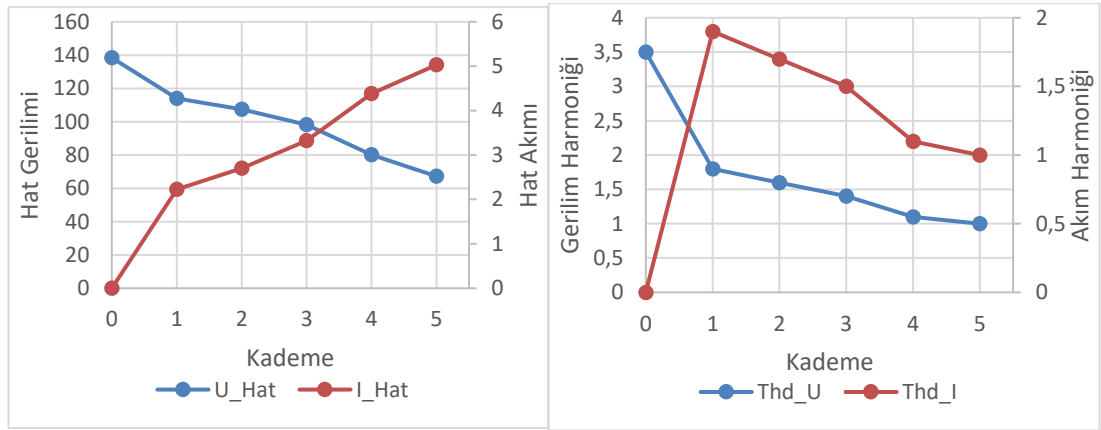
Çizelge 4.47 : 4'lü gruplama 20° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
4'lü gruplama 20°	0	50,651	138,38	0	3,5	0
	1	50,624	113,87	2,23	1,8	1,9
	2	50,623	107,46	2,7	1,6	1,7
	3	50,624	98,27	3,32	1,4	1,5
	4	50,612	80,11	4,38	1,1	1,1
	5	50,618	67,23	5,03	1	1

Şekil 4.121’de 4’lü gruplama 20° mıknaıtı yerleştirme açısında yk kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 138,38 V’dan 5. kademe 67,23 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademe 2,23 A’dan 5. kademe 5,03 A’e yükselmektedir. Yük kademesi arttıca hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,5 V’dan 5. kademe 1 V’a, akım harmoniği 1. kademe 1,9 A’dan 5. kademe 1 A’e azalmaktadır. Yük kademesi arttıca hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

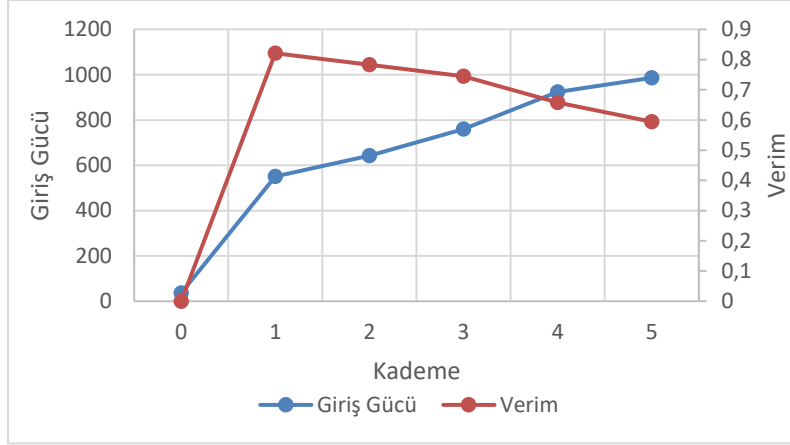
Şekil 4.121 : 4’lü gruplama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.48’de yk kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.48 : 4’lü gruplama 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,81	36,61	0,00
1	11,8	535,92	0,82
2	14,14	642,10	0,78
3	16,72	759,29	0,74
4	20,36	924,40	0,66
5	21,71	986,05	0,59

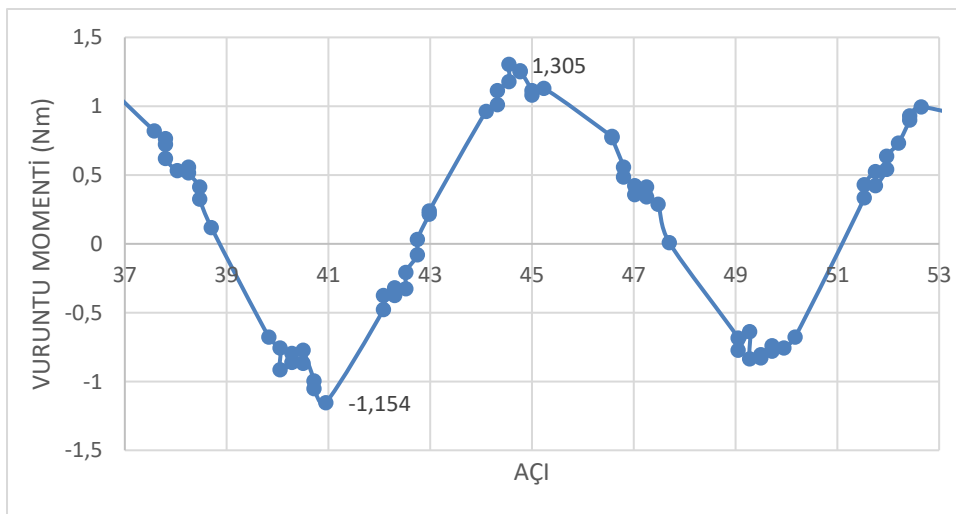
Şekil 4.122’de 4’lü gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksnel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.122 : 4’lü gruplama 20° giriş gücü ve verim değişimi.

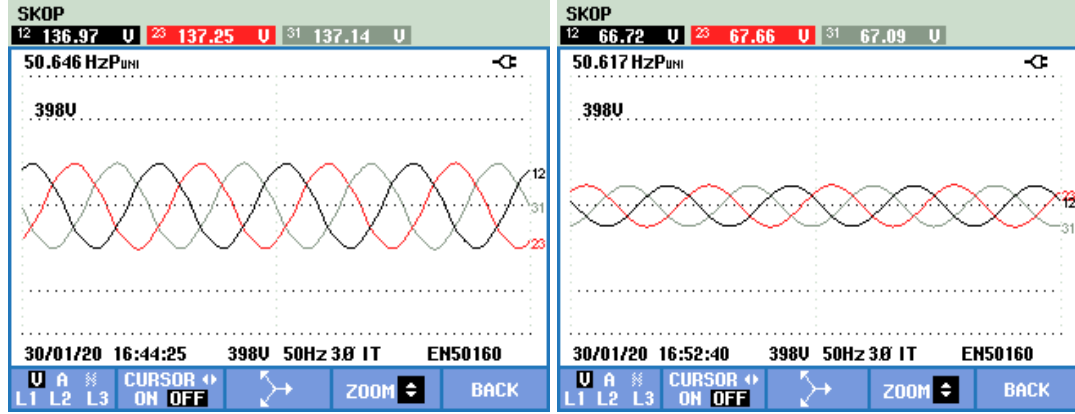
4.2.12. 4’lü gruplama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

4’lü mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.123’de verilmiştir. Moment salınımı (-1,154) - (1,305) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 2,459 Nm ve ortalama moment salınımı 0,137 Nm’dir.



Şekil 4.123 : 4’lü gruplama 22° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.124'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=136,97$ V, frekansı $f=50,646$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=66,72$ V, frekansı $f=50,617$ Hz'dir.

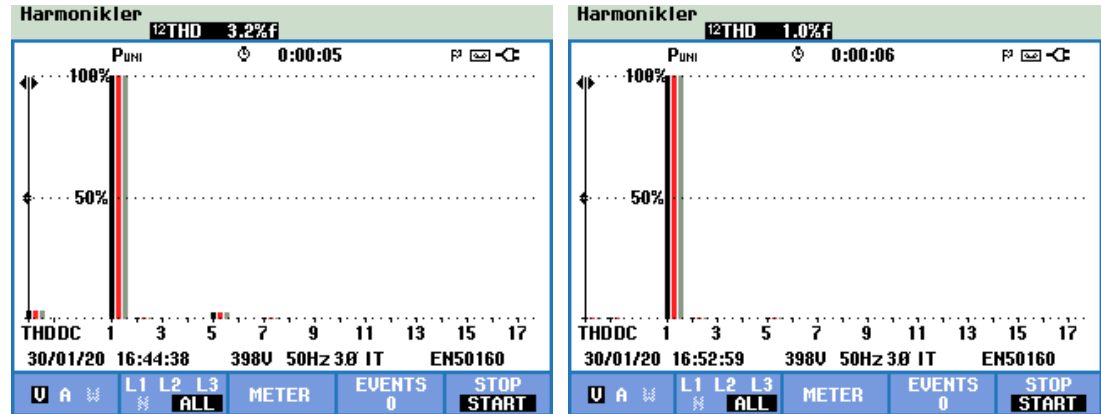


(a)

(b)

Şekil 4.124 : 4'lü gruplama 22° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. Kademe.

Şekil 4.125'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,2 , 5. kademede %1,0 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.125 : 4'lü gruplama 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.49'de 4'lü gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

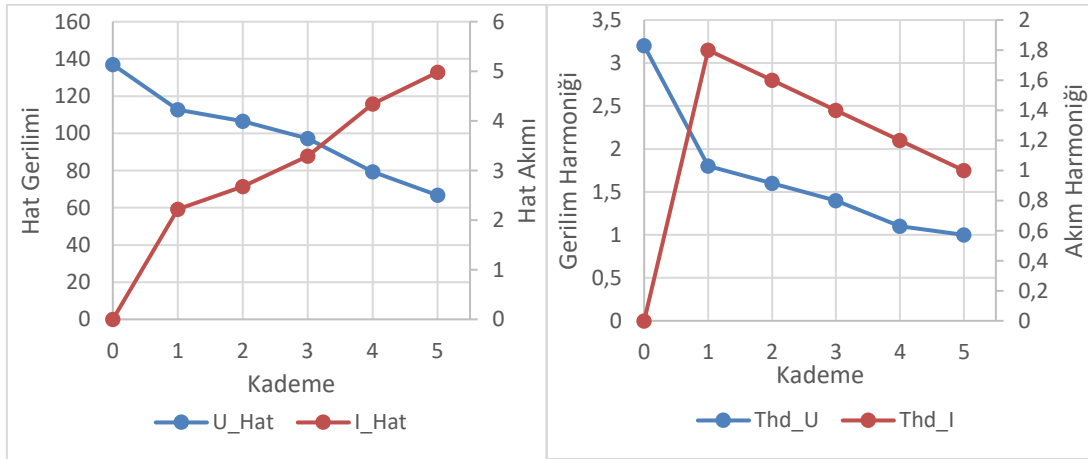
Çizelge 4.49 : 4'lü gruplama 22° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
4'lü gruplama 22°	0	50,646	136,97	0	3,2	0
	1	50,626	112,69	2,22	1,8	1,8
	2	50,626	106,43	2,68	1,6	1,6
	3	50,63	97,24	3,29	1,4	1,4
	4	50,619	79,34	4,34	1,1	1,2
	5	50,617	66,72	4,98	1	1

Şekil 4.126'de 4'lü gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 136,97 V'dan 5. kademedeki 66,72 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,22 A'den 5. kademedeki 4,98 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,2 V'dan 5. kademedeki 1 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 1,8 A'den 5. kademedeki 1 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.126 : 4'lü gruplama 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

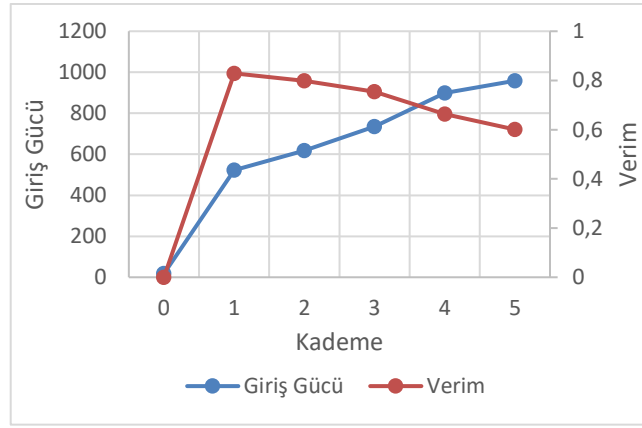
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.50'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.50 : 4'lü gruplama 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,39	17,71	0,00
1	11,51	522,75	0,83
2	13,62	618,51	0,80
3	16,17	734,38	0,75
4	19,80	899,16	0,66
5	21,11	958,48	0,60

Şekil 4.127'de 4'lü grup 22° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.127 : 4'lü gruplama 22° giriş gücü ve verim değişimi.

4.2.13. 4'lü grupta genel değerlendirme

Çizelge 4.51'de 4'lü mıknatıs gruplamasında tüm derece ve yük kademelerine ait alınan; frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği, akım harmoniği, moment ortalaması, giriş gücü, çıkış gücü ve verim değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.51 : 4'lü grupta ile alınan deneysel sonuçlar.

4'lü grupta 0 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,646	50,628	50,621	50,622	50,619	50,608
Uh(V)	142,87	118,2	111,86	102,42	84,02	70,32
Ih(A)	0	2,34	2,82	3,47	4,58	5,29
THd_U (V)	5,9	3,6	3,2	2,8	2,2	2
THd_I (A)	0	3,8	3,3	2,8	2,3	1,9
Mort	0,77	12,95	15,04	17,84	21,77	23,12
n (Devir sayısı)	434,11	433,95	433,89	433,90	433,88	433,78
w	45,44	45,42	45,41	45,42	45,41	45,40
Pg (Watt)	35,00	588,40	682,95	810,10	988,82	1049,61
Pç (Watt)	0,00	479,08	546,38	615,58	666,53	644,33
Verim	0,00	0,81	0,80	0,76	0,67	0,61
4'lü grupta 2 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,66	50,629	50,62	50,618	50,615	50,607
Uh(V)	142,78	118,01	111,42	101,97	83,64	70,11
Ih(A)	0	2,33	2,81	3,45	4,57	5,27
THd_U (V)	6	3,5	3,1	2,7	2,2	1,9
THd_I (A)	0	3,6	3,2	2,8	2,2	1,9
Mort	0,51	12,64	14,92	17,68	21,60	23,08
n (Devir sayısı)	434,23	433,96	433,89	433,87	433,84	433,77
w	45,45	45,42	45,41	45,41	45,41	45,40
Pg (Watt)	23,35	573,94	677,42	803,08	980,61	1047,95
Pç (Watt)	0,00	476,26	542,30	609,35	662,07	639,98
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,68	0,61
4'lü grupta 4 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,625	50,608	50,632	50,624	50,616	50,612
Uh(V)	142,88	118,01	111,51	102,06	83,52	70,27
Ih(A)	0	2,33	2,81	3,46	4,57	5,23
THd_U (V)	6,1	3,5	3,1	2,7	2,2	1,9
THd_I (A)	0	3,6	3,2	2,8	2,2	1,9
Mort	0,55	12,63	14,98	17,62	21,63	23,14
n (Devir sayısı)	433,93	433,78	433,99	433,92	433,85	433,82
w	45,42	45,40	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	25,07	573,54	680,43	800,41	982,07	1050,56
Pç (Watt)	0,00	476,26	542,74	611,65	661,12	636,57
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,67	0,61

Çizelge 4.51 devamı: 4'lü grüplama ile alınan deneysel sonuçlar.

4'lü grüplama 6 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,65	50,628	50,626	50,623	50,616	50,613
Uh(V)	141,95	117,43	110,88	101,49	83	69,74
Ih(A)	0	2,32	2,8	3,45	4,55	5,22
THd_U (V)	5,9	3,3	3	2,6	2	1,8
THd_I (A)	0	3,5	3,1	2,6	2,1	1,8
Mort	0,52	12,52	14,81	17,55	21,40	22,87
n (Devir sayısı)	434,14	433,95	433,94	433,91	433,85	433,83
w	45,44	45,42	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	23,75	568,72	672,63	797,07	971,61	1038,66
Pç (Watt)	0,00	471,89	537,75	606,48	654,13	630,56
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,67	0,61
4'lü grüplama 8 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,656	50,626	50,617	50,624	50,618	50,606
Uh(V)	142,07	117,29	110,83	101,48	83,04	69,63
Ih(A)	0	2,31	2,79	3,43	4,53	5,21
THd_U (V)	5,9	3,2	2,9	2,5	1,9	1,7
THd_I (A)	0	3,3	3	2,5	2	1,7
Mort	0,47	12,46	14,56	17,48	21,33	22,80
n (Devir sayısı)	434,19	433,94	433,86	433,92	433,87	433,77
w	45,45	45,42	45,41	45,42	45,41	45,40
Pg (Watt)	21,40	565,71	661,27	794,04	968,64	1035,35
Pç (Watt)	0,00	469,30	535,59	602,90	651,57	628,36
Verim	0,00	0,83	0,81	0,76	0,67	0,61
4'lü grüplama 10 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,658	50,63	50,63	50,622	50,616	50,611
Uh(V)	141,47	116,65	110,24	100,85	82,51	69,31
Ih(A)	0	2,3	2,78	3,42	4,51	5,9
THd_U (V)	5,4	2,9	2,6	2,2	1,8	1,6
THd_I (A)	0	3,1	2,7	2,3	1,8	1,6
Mort	0,44	12,33	14,60	17,31	21,11	22,65
n (Devir sayısı)	434,21	433,97	433,97	433,90	433,85	433,81
w	45,45	45,42	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	19,84	560,27	663,07	786,09	958,54	1028,55
Pç (Watt)	0,00	464,71	530,83	597,41	644,55	708,31
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,67	0,69

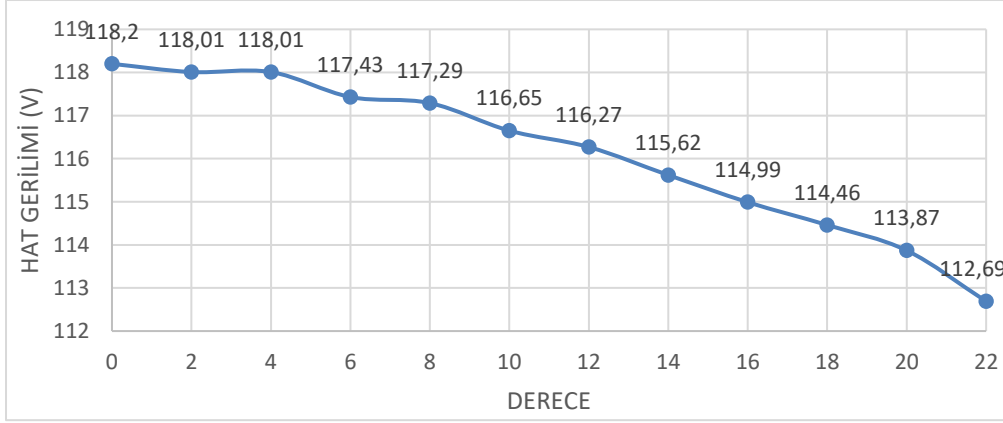
Çizelge 4.51 devamı: 4'lü grüplama ile alınan deneysel sonuçlar.

4'lü grüplama 12 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,65	50,627	50,625	50,615	50,61	50,617
Uh(V)	140,97	116,27	109,82	100,39	82,25	69,07
Ih(A)	0	2,29	2,77	3,41	4,49	5,16
THd_U (V)	4,9	2,6	2,3	2	1,6	1,4
THd_I (A)	0	2,7	2,4	2,1	1,6	1,4
Mort	0,43	12,25	14,45	17,22	21,03	22,50
n (Devir sayısı)	434,14	433,95	433,93	433,84	433,80	433,86
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,40	45,41
Pg (Watt)	19,46	556,49	656,36	781,76	954,77	1021,83
Pç (Watt)	0,00	461,19	526,91	592,95	639,67	617,32
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,67	0,60
4'lü grüplama 14 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,625	50,632	50,621	50,626	50,616	50,618
Uh(V)	140,38	115,62	109,18	99,78	81,54	68,74
Ih(A)	0	2,28	2,76	3,39	4,47	5,12
THd_U (V)	4,8	2,5	2,2	1,9	1,5	1,3
THd_I (A)	0	2,7	2,3	2	1,6	1,4
Mort	0,43	12,11	14,38	17,05	20,79	22,29
n (Devir sayısı)	433,93	433,99	433,89	433,94	433,85	433,87
w	45,42	45,42	45,41	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	19,54	550,30	652,83	774,24	943,84	1012,24
Pç (Watt)	0,00	456,61	521,95	585,89	631,32	609,61
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,67	0,60
4'lü grüplama 16 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,649	50,634	50,627	50,629	50,618	50,615
Uh(V)	139,48	114,99	108,47	99,19	81,11	68,21
Ih(A)	0	2,26	2,74	3,36	4,43	5,09
THd_U (V)	4,2	2,2	2	1,7	1,4	1,2
THd_I (A)	0	2,3	2	1,8	1,3	1,2
Mort	0,45	12,01	14,17	16,80	20,54	24,09
n (Devir sayısı)	434,13	434,01	433,95	433,96	433,87	433,84
w	45,44	45,43	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	20,55	545,73	643,80	763,15	932,95	1093,91
Pç (Watt)	0,00	450,13	514,79	577,27	622,37	601,37
Verim	0,00	0,82	0,80	0,76	0,67	0,55

Çizelge 4.51 devamı: 4'lü grupta ile alınan deneysel sonuçlar.

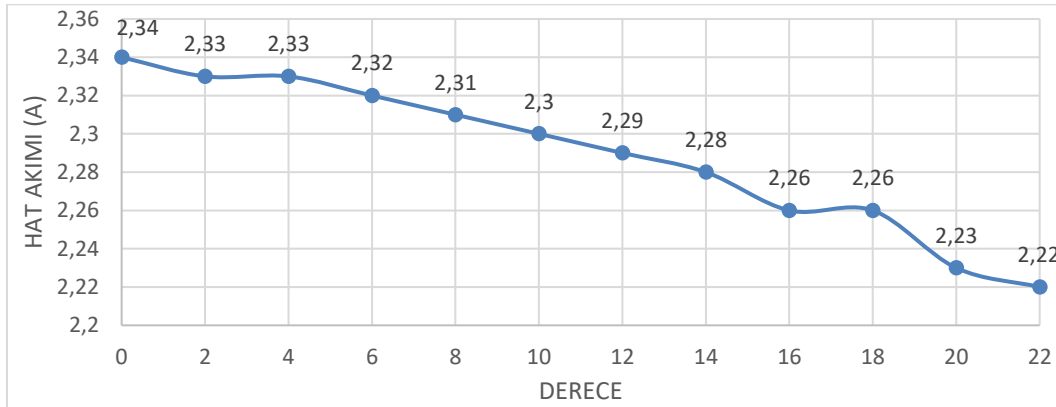
4'lü grupta 18 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,625	50,628	50,627	50,618	50,606	50,612
Uh(V)	139,4	114,46	107,97	98,68	80,63	67,52
Ih(A)	0	2,26	2,72	3,34	4,4	5,06
THd_U (V)	4,1	2,2	1,9	1,6	1,3	1,3
THd_I (A)	0	2,3	2	1,7	1,3	1,2
Mort	1,82	12,1	15,53	18,08	21,64	22,95
n (Devir sayısı)	433,93	433,95	433,95	433,87	433,77	433,82
w	45,42	45,42	45,42	45,41	45,40	45,41
Pg (Watt)	82,65	551,53	705,50	821,21	982,37	1042,07
Pç (Watt)	0,00	448,06	508,68	570,88	614,50	591,77
Verim	0,00	0,81	0,72	0,70	0,63	0,57
4'lü grupta 20 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,651	50,624	50,623	50,624	50,612	50,618
Uh(V)	138,38	113,87	107,46	98,27	80,11	67,23
Ih(A)	0	2,23	2,7	3,32	4,38	5,03
THd_U (V)	3,5	1,8	1,6	1,4	1,1	1
THd_I (A)	0	1,9	1,7	1,5	1,1	1
Mort	0,81	11,80	14,14	16,72	20,36	21,71
n (Devir sayısı)	434,15	433,92	433,91	433,92	433,82	433,87
w	45,44	45,42	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	36,61	535,92	642,10	759,29	924,40	986,05
Pç (Watt)	0,00	439,83	502,55	565,11	607,76	585,74
Verim	0,00	0,82	0,78	0,74	0,66	0,59
4'lü grupta 22 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,646	50,626	50,626	50,63	50,619	50,617
Uh(V)	136,97	112,69	106,43	97,24	79,34	66,72
Ih(A)	0	2,22	2,68	3,29	4,34	4,98
THd_U (V)	3,2	1,8	1,6	1,4	1,1	1
THd_I (A)	0	1,8	1,6	1,4	1,2	1
Mort	0,39	11,51	13,62	16,17	19,80	21,11
n (Devir sayısı)	434,11	433,94	433,94	433,97	433,88	433,86
w	45,44	45,42	45,42	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	17,71	522,75	618,51	734,38	899,16	958,48
Pç (Watt)	0,00	433,32	494,05	554,13	596,42	575,52
Verim	0,00	0,83	0,80	0,75	0,66	0,60

Şekil 4.128’de 4’lü mıknatıs gruplamasında 0’ dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan hat gerilim değerlerine ait eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Hat geriliminde %4,66 oranında düşüş meydana gelmiştir.



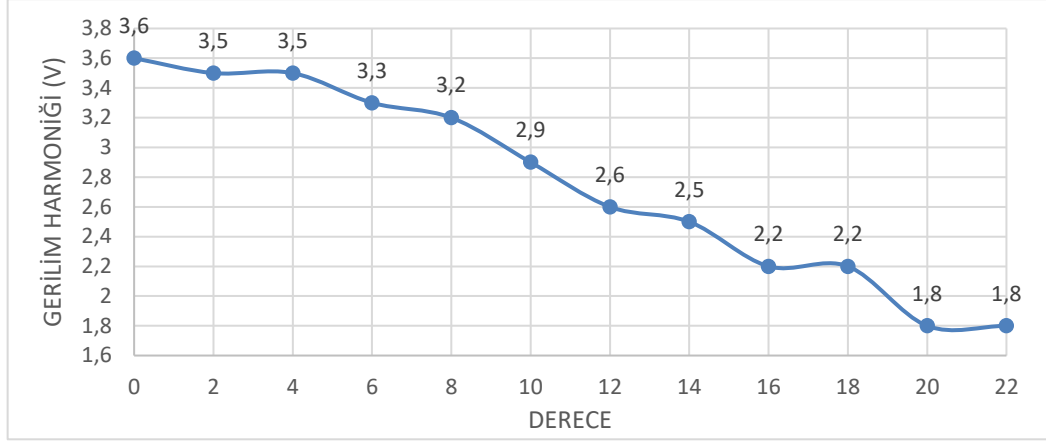
Şekil 4.128 : 4’lü gruplama hat gerilimi eğrisi.

Şekil 4.129’de 4’lü mıknatıs gruplamasında 0’ dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan hat akım değerlerine ait grafik verilmektedir. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak oluşturulmuştur. Hat akımında %5,13 oranında düşüş meydana gelmiştir.



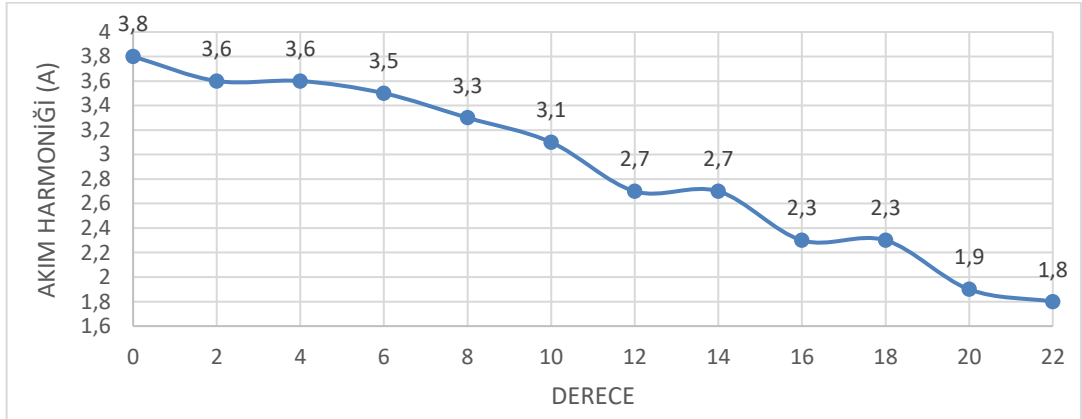
Şekil 4.129 : 4’lü gruplama hat akımı eğrisi.

Şekil 4.130’da 4’lü mıknatıs gruplamasında 0’ dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan gerilim harmoniği değerlerine ilişkin eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak gerilim harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Gerilim harmoniğinde %50 oranında iyileşme sağlanmıştır.



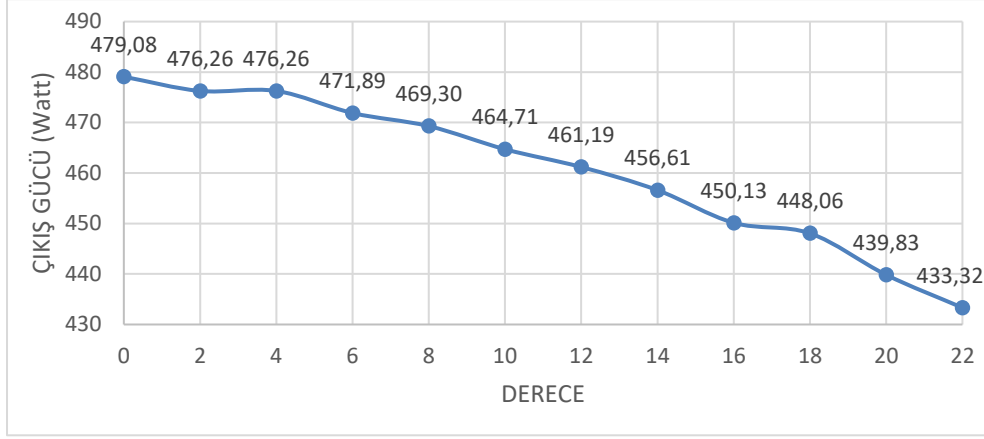
Şekil 4.130 : 4'lü gruplama gerilim harmoniği eğrisi.

Şekil 4.131'de 4'lü mıknatıs gruplamasında 0'dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan akım harmoniği değerlerine ilişkin grafik bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak akım harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Akım harmoniğinde %52,63 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.131 : 4'lü gruplama akım harmoniği eğrisi.

Şekil 4.132 'de 4'lü mıknatıs gruplamasında derecelere bağlı olarak çıkış güçlerine ait grafik verilmektedir. Çıkış gücünde %9,55 oranında düşüş meydana gelmiştir.



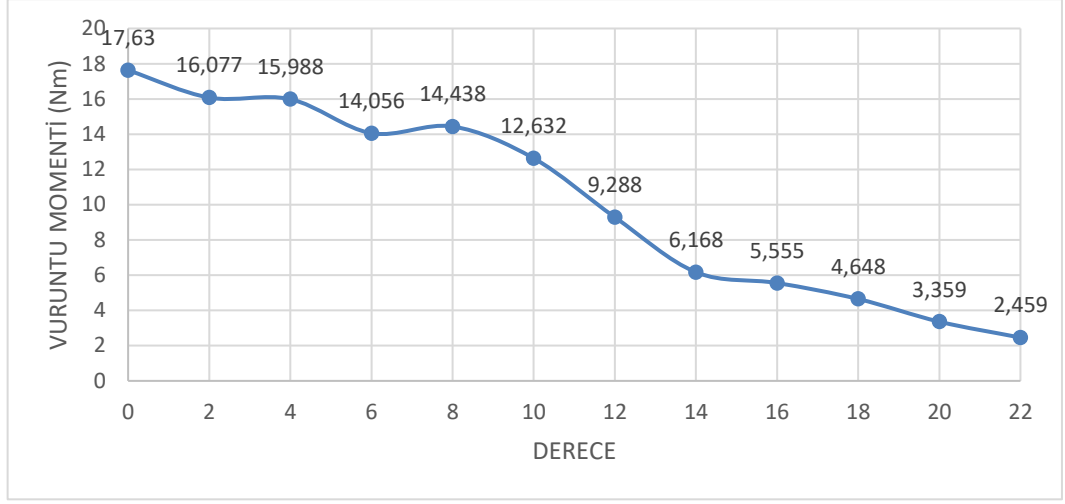
Şekil 4.132 : 4'lü grupta çıkış gücü eğrisi.

Çizelge 4.52’te 2’li grupta da 0’dan 22 dereceye kadar generatörün 1d/dk ile döndürülmesi sonucunda elde edilen momentin maksimum, minimum değerleri ve bu değerlerde moment salınımı (Mv) değeri elde edilmiştir. Mv değerleri bize vuru mu momenti değerini vermektedir.

Çizelge 4.52 : 4'lü grupta vuru mu momenti değışı mi.

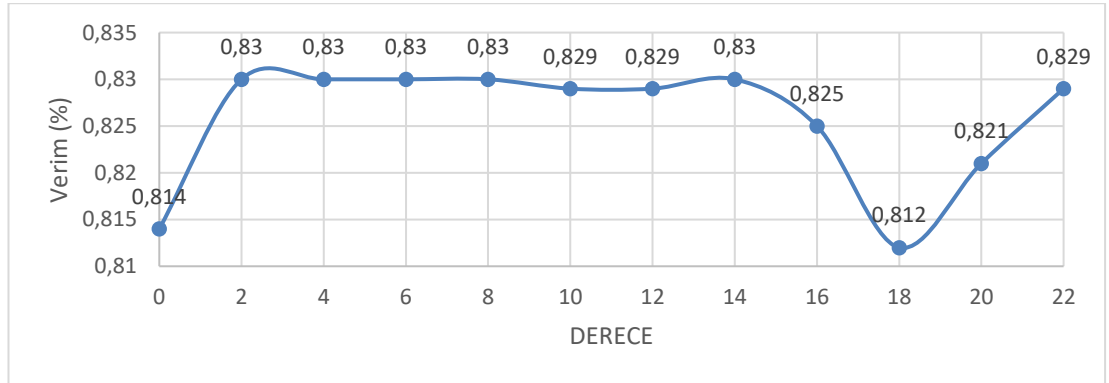
4lü Grupta Vuru mu Momenti Değeri			
Derece	MAX	MIN	Mv
0	16,611	-1,019	17,63
2	15,942	-0,135	16,077
4	13,61	-2,388	15,988
6	12,257	-1,799	14,056
8	12,416	-2,022	14,438
10	11,374	-1,258	12,632
12	7,943	-1,345	9,288
14	3,128	-3,04	6,168
16	2,674	-2,881	5,555
18	2,141	-2,507	4,648
20	1,847	-1,512	3,359
22	1,305	-1,154	2,459

Şekil 4.133’da 4’lü mıknatıs grupta da 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleş tırme açısı sonucunda derecelere bağı lı olarak vuru mu momentinin değ iş im grafiğı verilmiştir. Genel olarak mıknatıslara verilen yerleş tırme açısı derecesi art tı kça vuru mu momenti değ erinin azaldığı göz lenmektedir. Vuru mu momentinde %86,05 oranında iyileş me sağı lanmıştır.



Şekil 4.133 : 4'lü grplama vurutu moment değışimi.

Şekil 4.134'de 4'lü mıknatıs grplamasında derecelere bağlı olarak makinenin 1. Yık kademesi baz alınarak alınan verim değeri gösterilmektedir. Alınan değeri incelendiğinde verim %81-83 etrafında salındığı gözlenmektedir.



Şekil 4.134 : 4'lü grplama verim değışimi.

4'lü mıknatıs grplamasında mıknatıslara 0°'den 22°'ye kadar mıknatıs yerleştirme açısı verilmesiyle, 22°'nin 0°'ye göre alınan değeri;

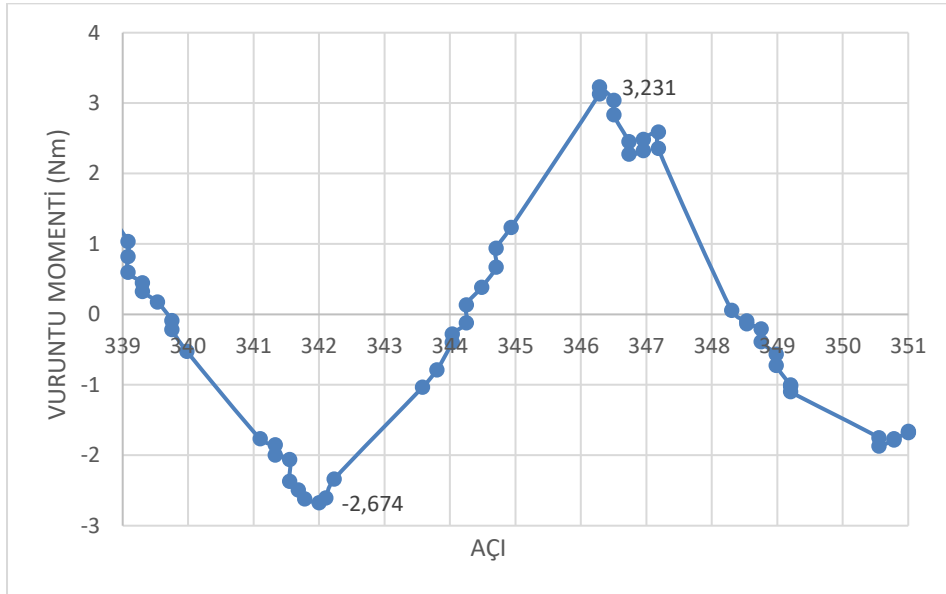
- Vurutu momentinde %86,05 oranında iyileşme,
- Gerilim harmoniğinde %50 oranında iyileşme,
- Akım harmoniğinde %52,63 oranında iyileşme,
- Çıkış gücünde %9,55 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

4.3. 6'lı Grublama Tekniği Sonuçlar

14 mıknatısın 6'lı grup haline getirilmesi ve mıknatıs grupları arası 30 derecelik açı bulunması ile oluşan deney setidir.

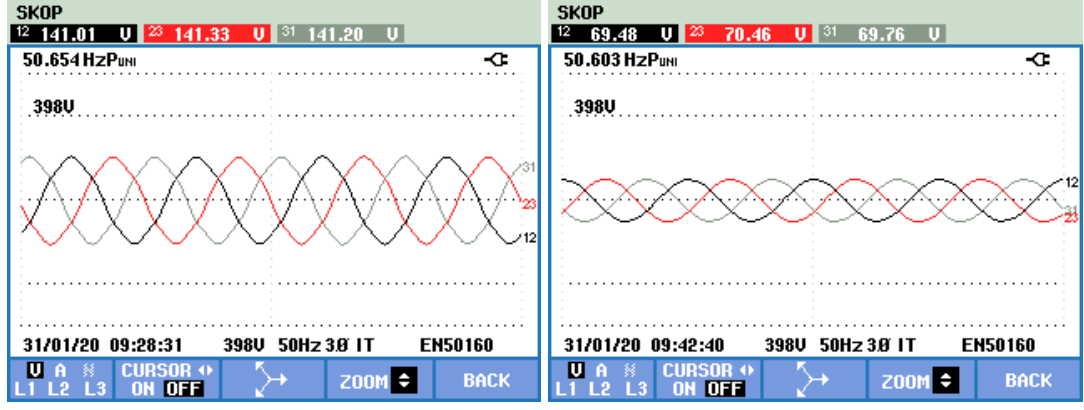
3.3.1. 6'lı grublama 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 0 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruuntu momenti değerleri Şekil 4.135'de verilmiştir. Moment salınımı (-2,674)-(3,231) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,905 Nm ve ortalama moment salınımı 0,789 Nm'dir.



Şekil 4.135 : 6'lı grublama 0° vuruuntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.136'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=141,01$ V, frekansı $f=50,654$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=69,48$ V, frekansı $f=50,603$ Hz'dir.

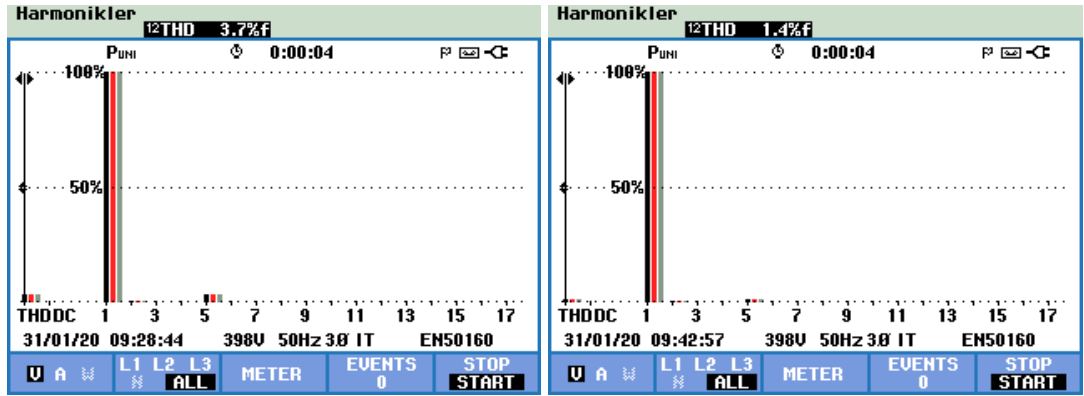


(a)

(b)

Şekil 4.136 : 6'lı gruplama 0° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.137'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,7 , 5. kademe %1,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.137 : 6'lı gruplama 0° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.53'de 6'lı gruplama 0° mknatsız yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

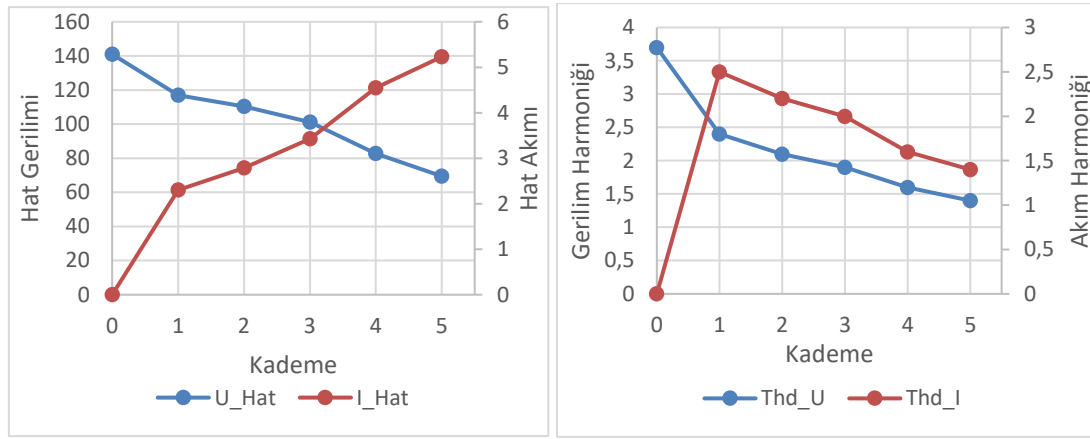
Çizelge 4.53 : 6'lı gruplama 0° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	Uh	Ih	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 0°	0	50,645	141,01	0	3,7	0
	1	50,629	116,99	2,3	2,4	2,5
	2	50,622	110,44	2,79	2,1	2,2
	3	50,622	101,12	3,43	1,9	2
	4	50,612	82,71	4,55	1,6	1,6
	5	50,603	69,48	5,23	1,4	1,4

Şekil 4.138’de 6’lı grup 0° mıknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,01 V’dan 5. kademede 69,48 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,3 A’den 5. kademede 5,23 A’e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,7 V’dan 5. kademede 1,4 V’a, akım harmoniği 1. kademede 2,5 A’den 5. kademede 1,4 A’e azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.138 : 6’lı gruplama 0° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

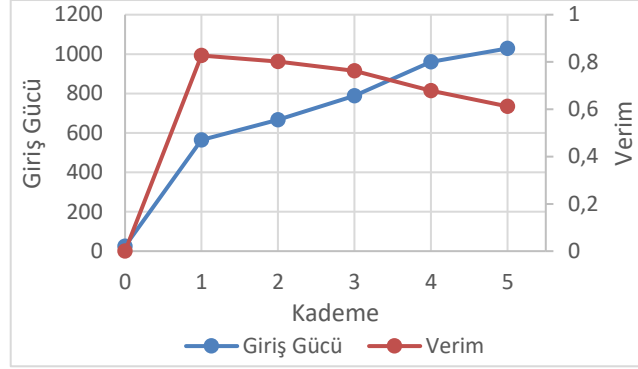
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.54’de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.54 : 6’lı gruplama 0° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,552	25,12	0
1	12,403	563,38	0,827
2	14,664	665,99	0,801
3	17,342	787,60	0,763
4	21,157	960,67	0,679
5	22,659	1028,71	0,612

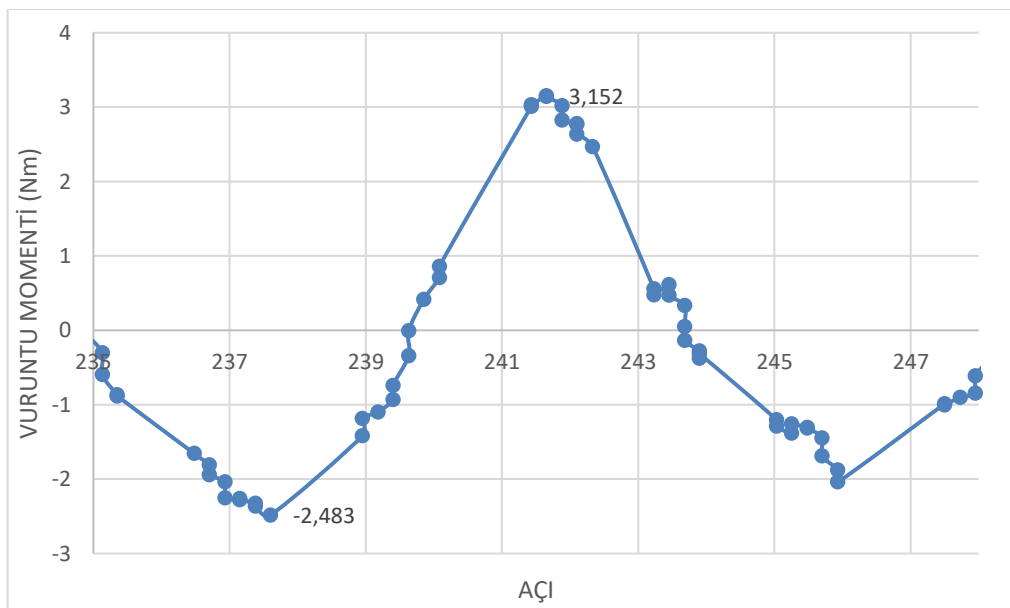
Şekil 4.139’da 6’lı gruplama 0° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.139 : 6’lı gruplama 0° giriş gücü ve verim değişimi.

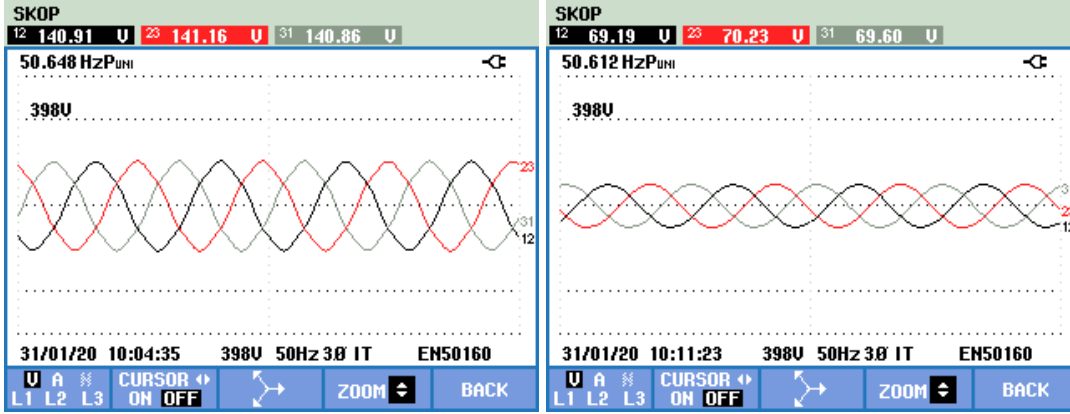
4.3.2. 6’lı gruplama 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6’lı mıknatıs grupları arasında 30° derecelik açı olan ve 2 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.140’de verilmiştir. Moment salınımı $(-2,483)$ - $(3,152)$ Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,635 Nm ve ortalama moment salınımı 0,526 Nm’dir.



Şekil 4.140 : 6’lı gruplama 2° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademe elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.141'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,91$ V, frekansı $f=50,648$ Hz ve 5. kademe hat gerilimi $U_{hat}=69,19$ V, frekansı $f=50,612$ Hz'dir.

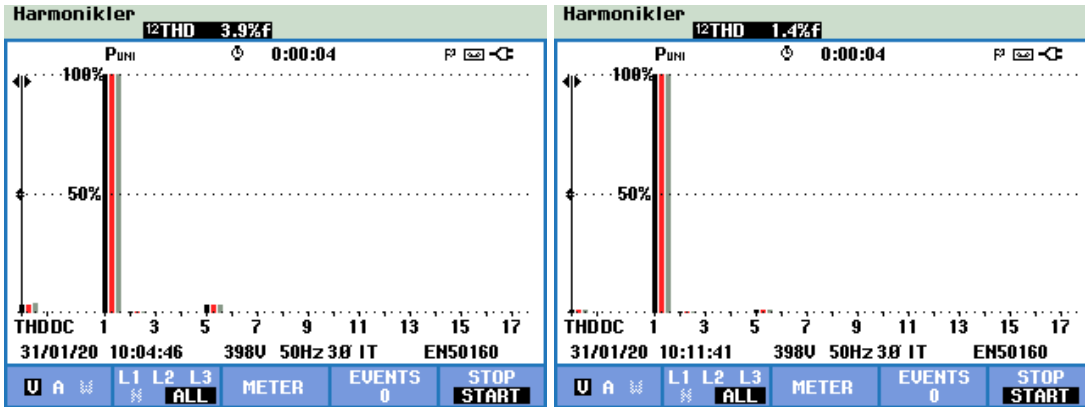


(a)

(b)

Şekil 4.141 : 6'lı gruplama 2° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.142'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,9 , 5. kademe de %1,4 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.142 : 6'lı gruplama 2° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.55'de 6'lı gruplama 2° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

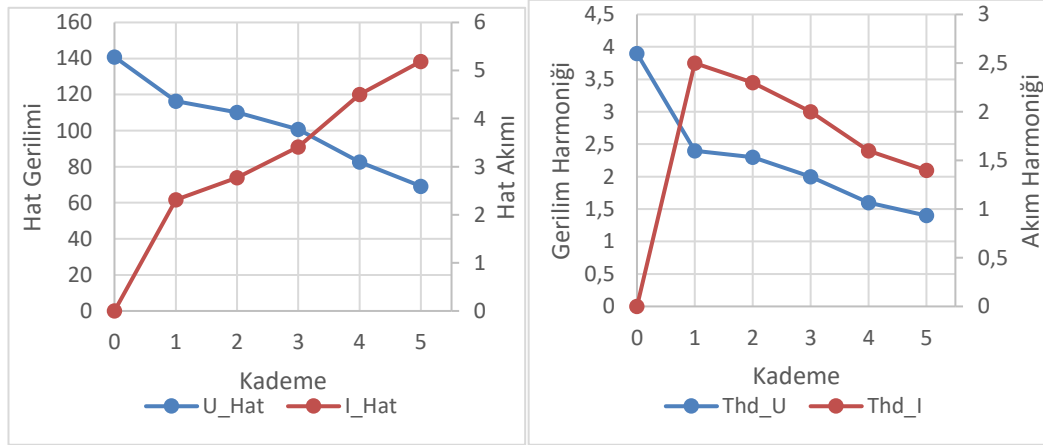
Çizelge 4.55 : 6'lı gruplama 2° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 2°	0	50,648	140,91	0	3,9	0
	1	50,62	116,38	2,31	2,4	2,5
	2	50,62	110,04	2,77	2,3	2,3
	3	50,612	100,66	3,41	2	2
	4	50,609	82,53	4,5	1,6	1,6
	5	50,612	69,19	5,19	1,4	1,4

Şekil 4.143'de 6'lı gruplama 2° mknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,91 V'dan 5. kademedeki 69,19 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,31 A'den 5. kademedeki 5,19 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,9 V'dan 5. kademedeki 1,4 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,5 A'den 5. kademedeki 1,4 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.143 : 6'lı gruplama 2° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

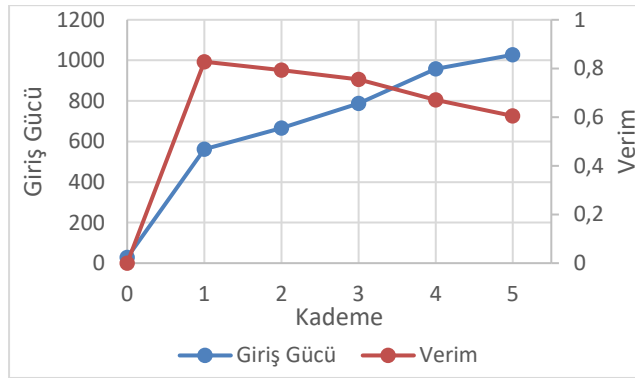
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.56'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.56 : 6'lı gruplama 2° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,609	27,69	0
1	12,386	562,53	0,828
2	14,659	665,72	0,793
3	17,334	787,10	0,755
4	21,108	958,39	0,671
5	22,624	1027,29	0,605

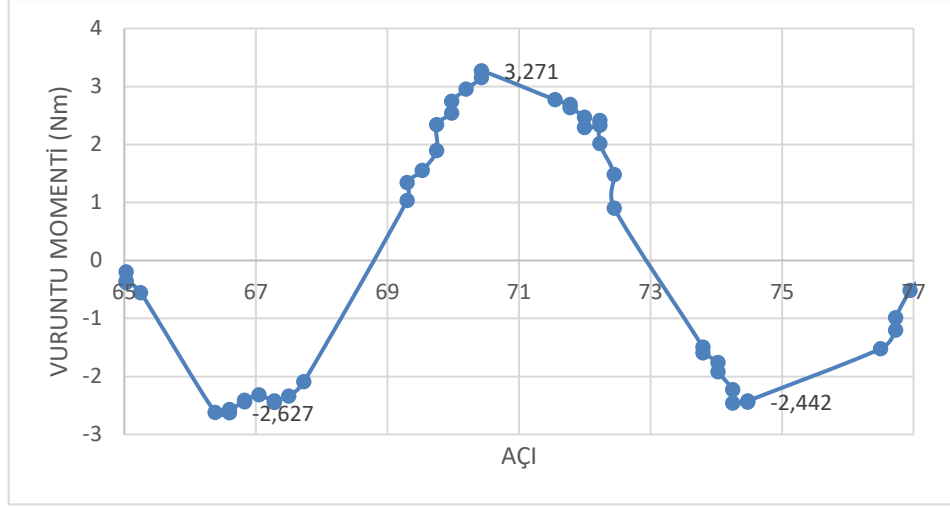
Şekil 4.144'de 6'lı gruplama 2° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.144 : 6'lı gruplama 2° giriş gücü ve verim değişimi.

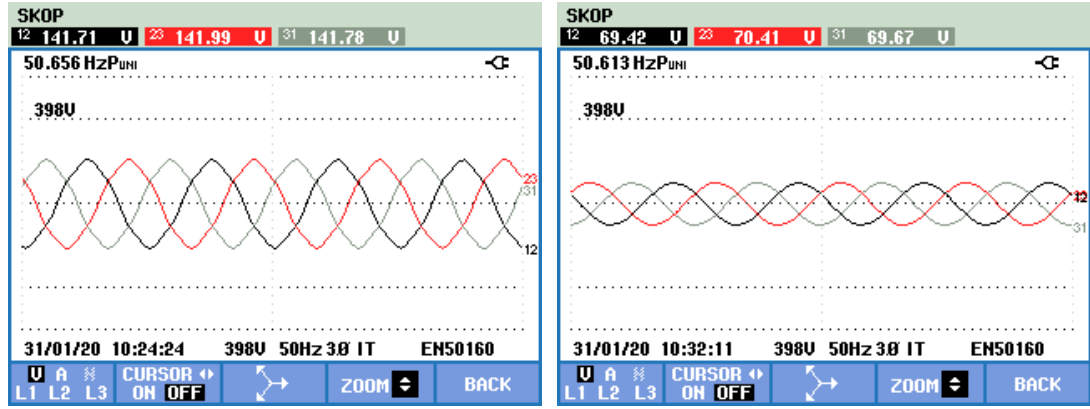
4.3.3. 6'lı gruplama 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 4 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru moment değerleri Şekil 4.145'de verilmiştir. Moment salınımı (-2,627)-(3,271) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,898 Nm ve ortalama moment salınımı 0,914 Nm'dir.



Şekil 4.145 : 6'lı gruplama 4° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.146'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=141,71$ V, frekansı $f=50,656$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=69,42$ V, frekansı $f=50,613$ Hz'dir.

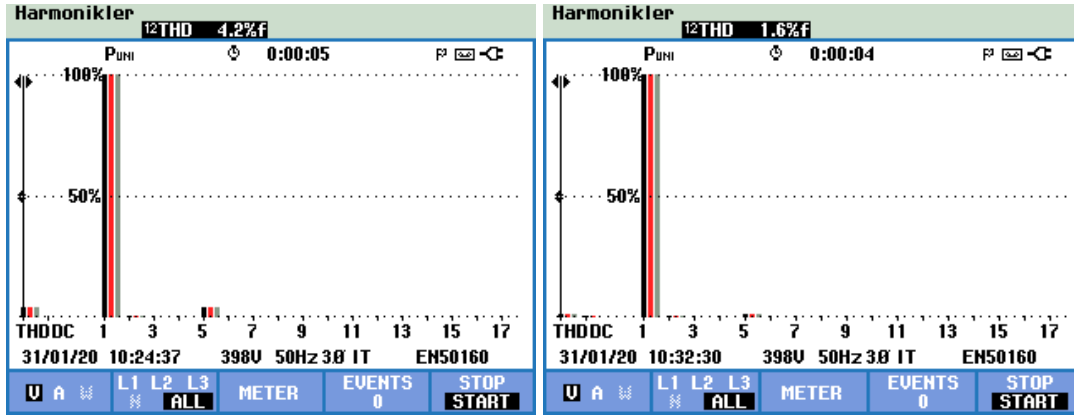


(a)

(b)

Şekil 4.146 : 6'lı gruplama 4° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.147'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %4,2 , 5. kademede %1,6 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.147 : 6'lı gruplama 4° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.57'de 6'lı gruplama 4° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

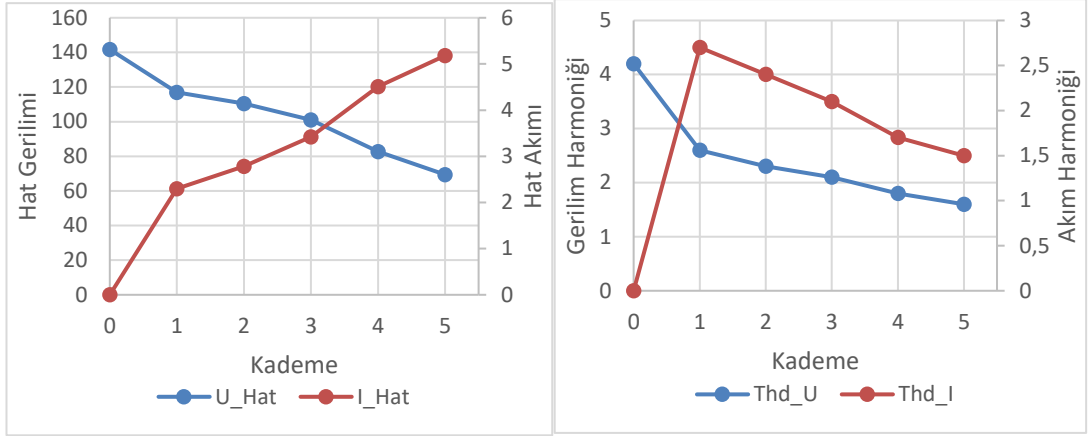
Çizelge 4.57 : 6'lı gruplama 4° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
6'lı gruplama 4°	0	50,656	141,71	0	4,2	0
	1	50,623	116,88	2,3	2,6	2,7
	2	50,613	110,45	2,78	2,3	2,4
	3	50,62	100,96	3,42	2,1	2,1
	4	50,615	82,64	4,51	1,8	1,7
	5	50,613	69,42	5,18	1,6	1,5

Şekil 4.148'de 6'lı gruplama 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 141,71 V'dan 5. kademedeki 69,42 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,3 A'den 5. kademedeki 5,18 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 4,2 V'dan 5. kademedeki 1,6 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,7 A'den 5. kademedeki 1,5 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.148 : 6'lı gruplama 4° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

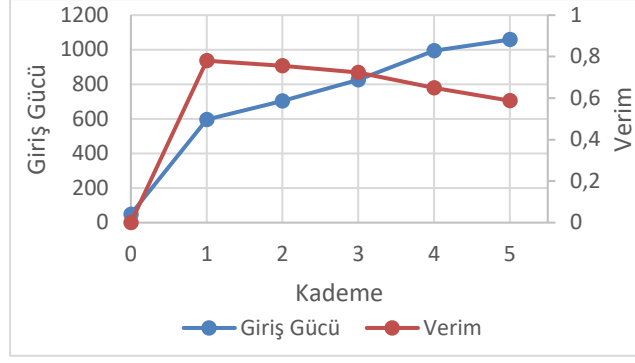
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.58'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.58 : 6'lı gruplama 4° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	1,070	48,64	0
1	13,139	596,76	0,78
2	15,495	703,61	0,756
3	18,194	826,26	0,724
4	21,893	994,14	0,649
5	23,310	1058,46	0,588

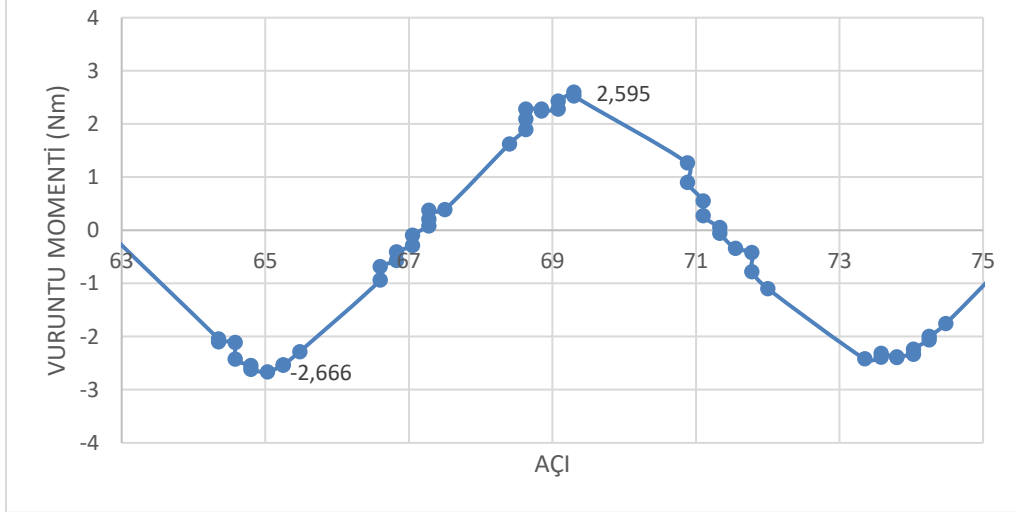
Şekil 4.149'de 6'lı gruplama 4° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.149 : 6'lı gruplama 4° giriş gücü ve verim değişimi.

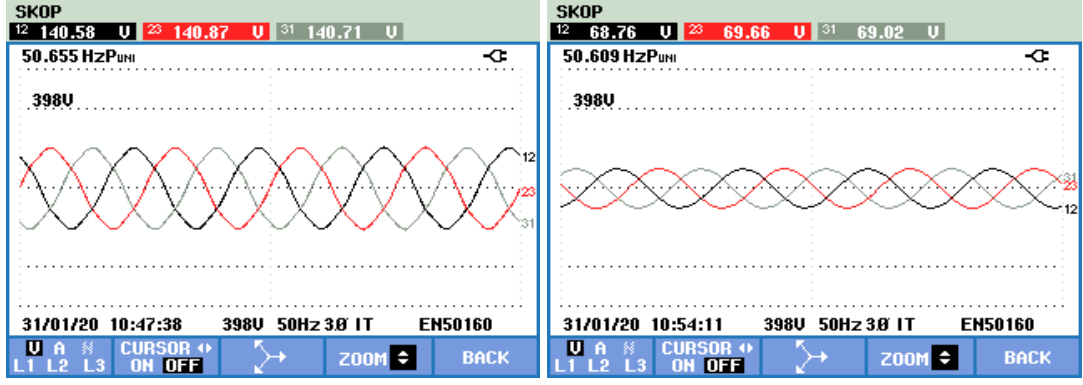
4.3.4. 6'lı gruplama 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 6 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruntu momenti değerleri Şekil 4.150'da verilmiştir. Moment salınımı (-2,666)-(2,595) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,261 Nm ve ortalama moment salınımı 0,076 Nm'dir.



Şekil 4.150 : 6'lı gruplama 6° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademe elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.151'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,58$ V, frekansı $f=50,655$ Hz ve 5. kademe hat gerilimi $U_{hat}=68,76$ V, frekansı $f=50,609$ Hz'dir.

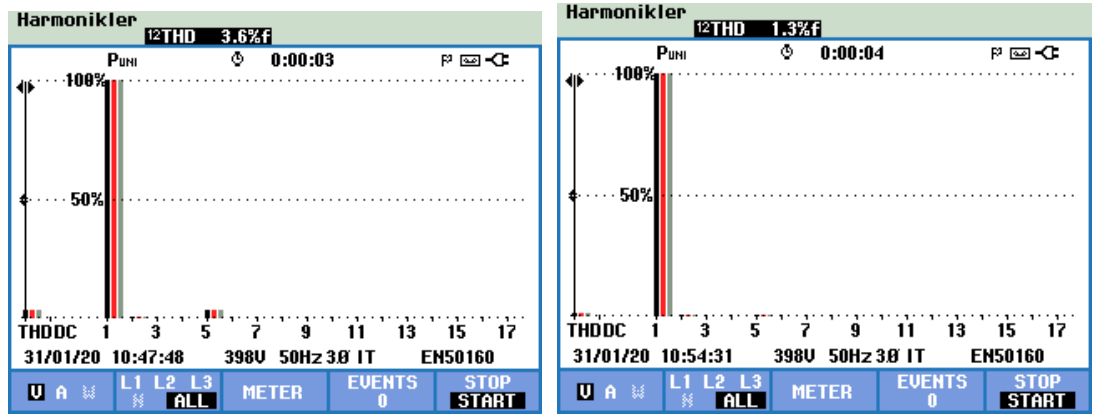


(a)

(b)

Şekil 4.151 : 6'lı gruplama 6° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.152'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,6 , 5. kademe de %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.152 : 6'lı gruplama 6° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.59'da 6'lı gruplama 6° mknatis yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

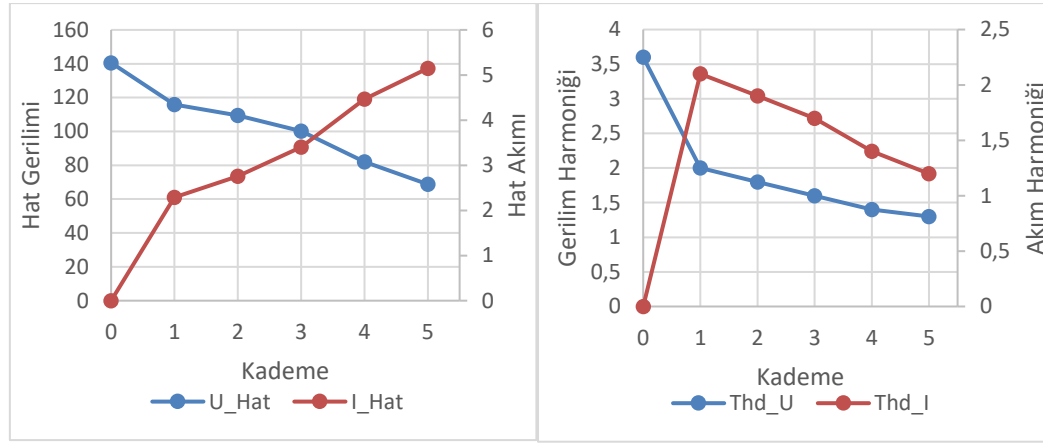
Çizelge 4.59 : 6'lı gruplama 6° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
6'lı gruplama 6°	0	50,655	140,58	0	3,6	0
	1	50,622	115,92	2,29	2	2,1
	2	50,622	109,5	2,76	1,8	1,9
	3	50,619	100,11	3,4	1,6	1,7
	4	50,62	82,08	4,47	1,4	1,4
	5	50,609	68,76	5,15	1,3	1,2

Şekil 4.153’de 6’lı gruplama 6° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,58 V’dan 5. kademede 68,76 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,29 A’dan 5. kademede 5,15 A’ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,6 V’dan 5. kademede 1,3 V’a, akım harmoniği 1. kademede 2,1 A’dan 5. kademede 1,2 A’ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.153 : 6’lı gruplama 6° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

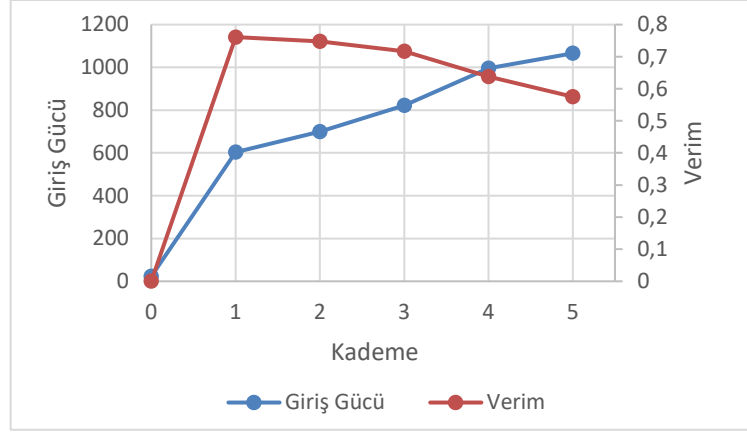
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.60’de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.60 : 6’lı gruplama 6° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,507	23,05	0
1	13,302	604,13	0,761
2	15,418	700,23	0,748
3	18,108	822,35	0,717
4	21,921	995,52	0,638
5	23,472	1065,73	0,576

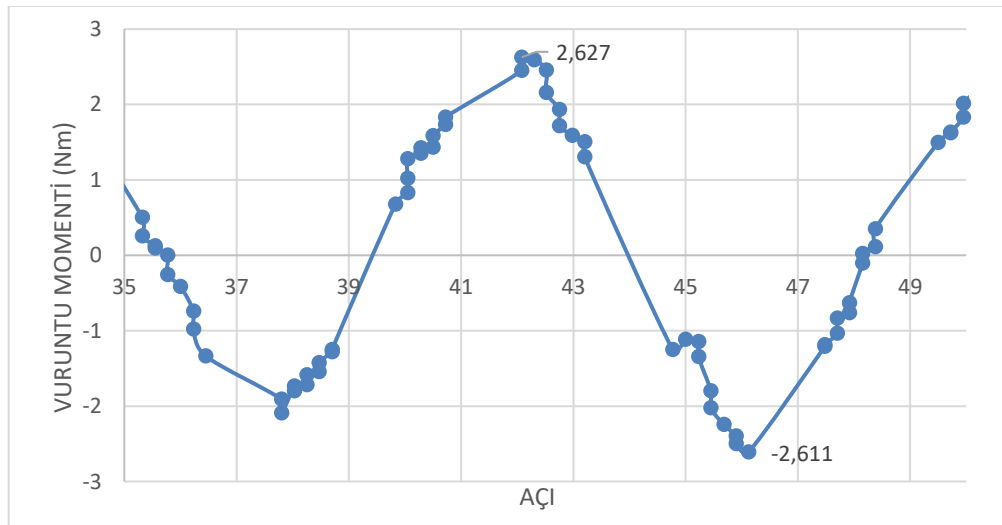
Şekil 4.154'de 6'lı gruplama 6° mknatis yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselsel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.154 : 6'lı gruplama 6° giriş gücü ve verim değişimi.

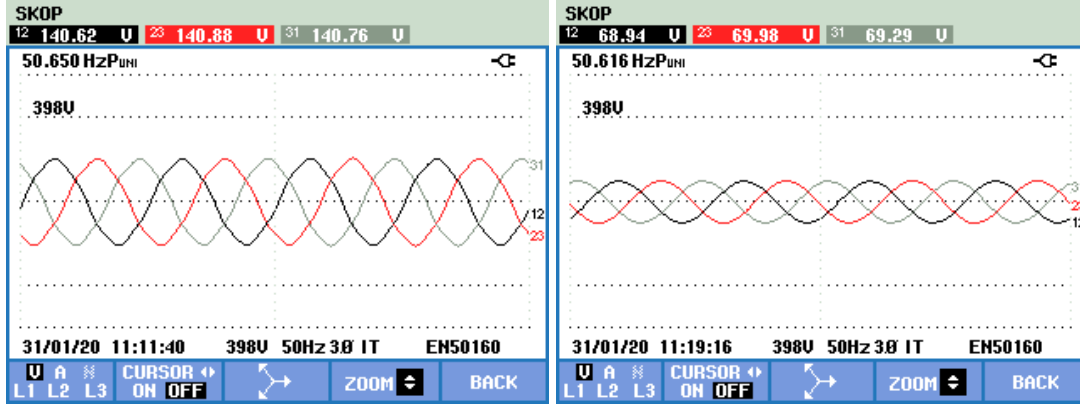
4.3.5. 6'lı gruplama 8 derece mknatis yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mknatis grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 8 derece mknatis yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.155'de verilmiştir. Moment salınımı (-2,611)-(2,627) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,238 Nm ve ortalama moment salınımı 0,227 Nm'dir.



Şekil 4.155 : 6'lı gruplama 8° vuru mu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.156'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,62$ V, frekansı $f=50,65$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=68,94$ V, frekansı $f=50,616$ Hz'dir.

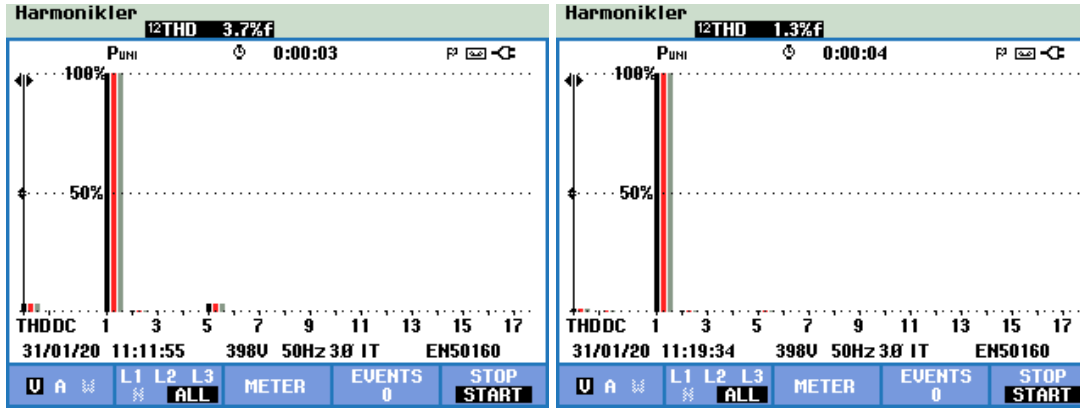


(a)

(b)

Şekil 4.156 : 6'lı gruplama 8° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.157'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,7 , 5. kademede %1,3 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.157 : 6'lı gruplama 8° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.61'da 6'lı gruplama 8° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

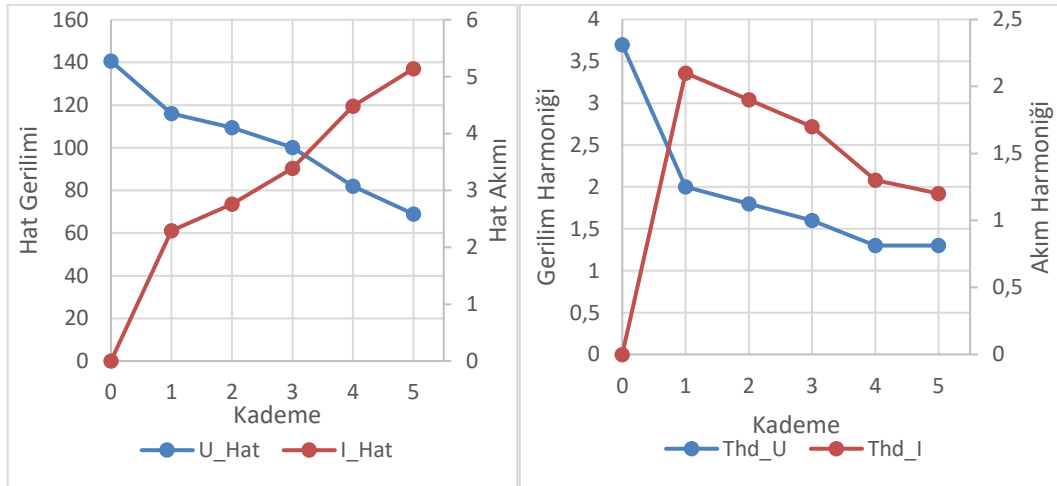
Çizelge 4.61 : 6'lı gruplama 8° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 8°	0	50,65	140,62	0	3,7	0
	1	50,636	115,98	2,29	2	2,1
	2	50,633	109,45	2,76	1,8	1,9
	3	50,625	100,15	3,39	1,6	1,7
	4	50,618	81,91	4,48	1,3	1,3
	5	50,616	68,94	5,14	1,3	1,2

Şekil 4.158'de 6'lı gruplama 8° mknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,62 V'dan 5. kademedeki 68,94 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,29 A'den 5. kademedeki 5,14 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,7 V'dan 5. kademedeki 1,3 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,1 A'den 5. kademedeki 1,2 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.158 : 6'lı gruplama 8° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

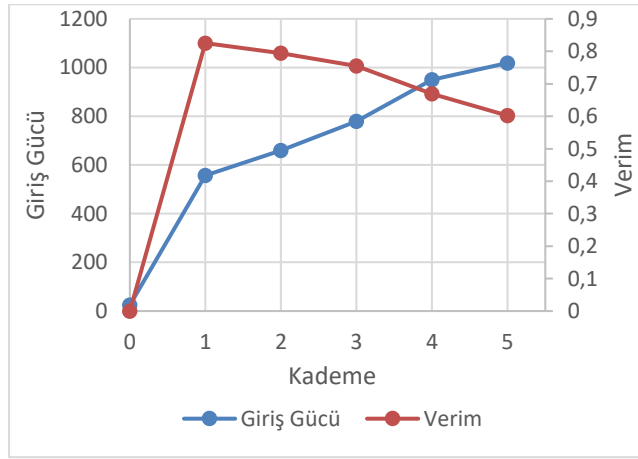
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.62'de yük kademesine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.62 : 6'lı gruplama 8° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,54	24,59	0,00
1	12,27	557,40	0,83
2	14,51	658,89	0,79
3	17,16	779,21	0,75
4	20,92	950,17	0,67
5	22,44	1018,92	0,60

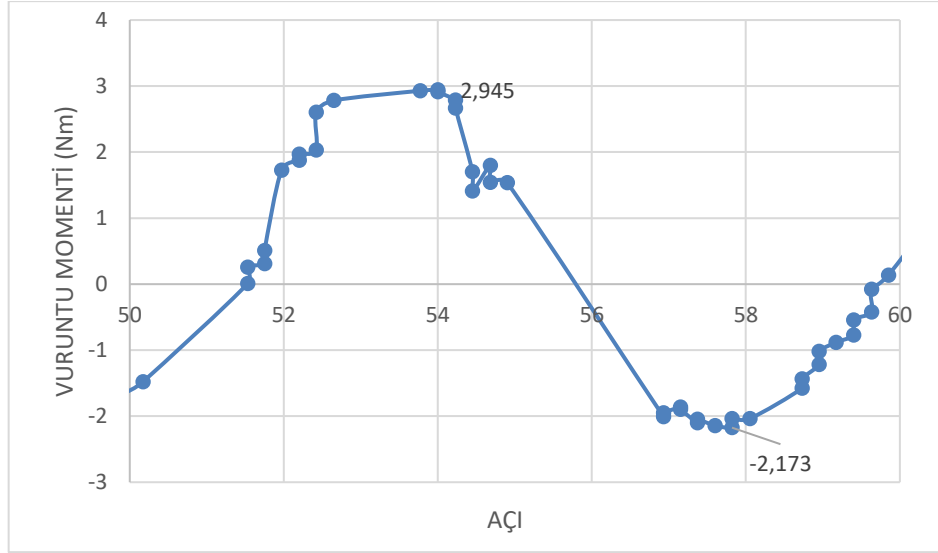
Şekil 4.159'da 6'lı gruplama 8° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.159 : 6'lı gruplama 8° giriş gücü ve verim değişimi.

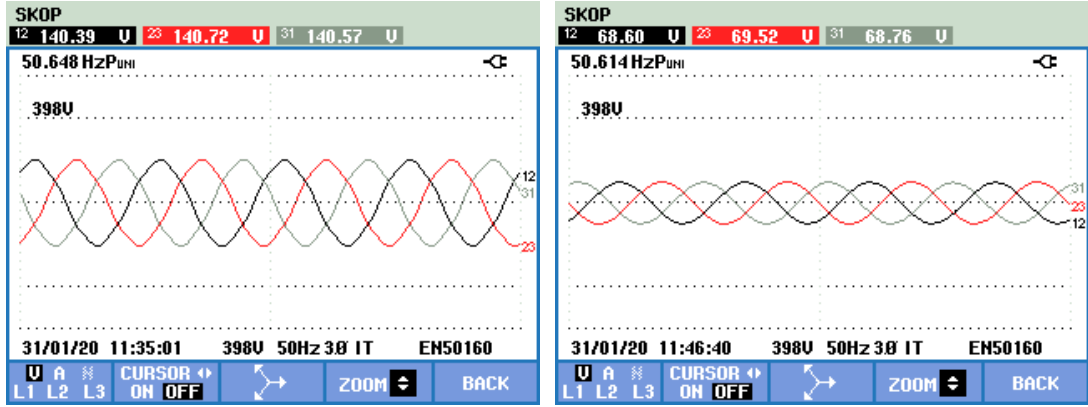
4.3.6. 6'lı gruplama 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 10 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru moment değeri Şekil 4.160'da verilmiştir. Moment salınımı (-2,173)-(2,945) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 5,118 Nm ve ortalama moment salınımı 0,371 Nm'dir.



Şekil 4.160 : 6'lı gruplama 10° vuruntu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.161'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,39$ V, frekansı $f=50,648$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=68,6$ V, frekansı $f=50,614$ Hz'dir.

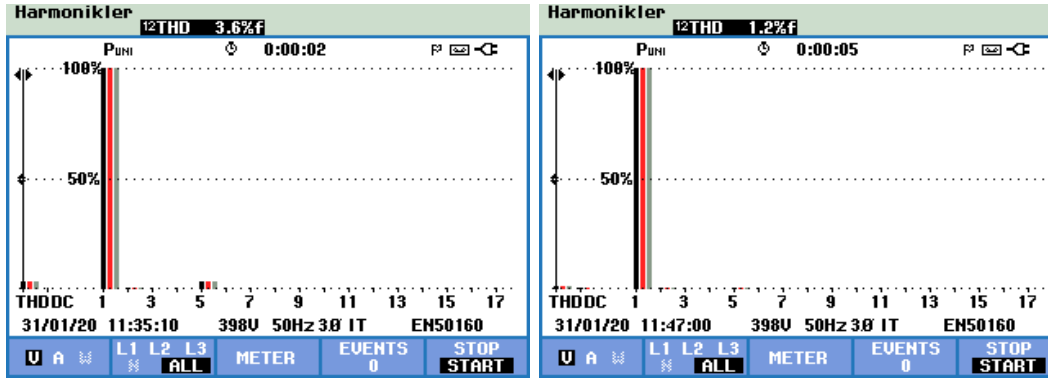


(a)

(b)

Şekil 4.161 : 6'lı gruplama 10° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.162'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,6 , 5. kademede %1,2 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.162 : 6'lı gruplama 10° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.63'de 6'lı gruplama 10° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

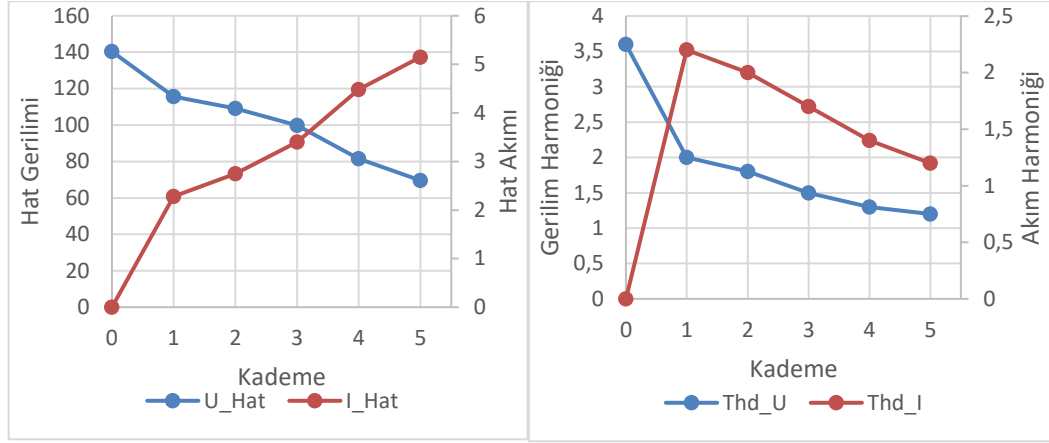
Çizelge 4.63 : 6'lı gruplama 10° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 10°	0	50,648	140,39	0	3,6	0
	1	50,623	115,69	2,28	2	2,2
	2	50,618	109,19	2,75	1,8	2
	3	50,618	99,87	3,4	1,5	1,7
	4	50,609	81,6	4,48	1,3	1,4
	5	50,614	69,6	5,15	1,2	1,2

Şekil 4.163'de 6'lı gruplama 10° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 140,39 V'dan 5. kademedeki 69,6 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,28 A'den 5. kademedeki 5,15 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,6 V'dan 5. kademedeki 1,2 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 2,2 A'den 5. kademedeki 1,2 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.163 : 6'lı gruplama 10° a) hat gerilimi ve hat akımını değişimi

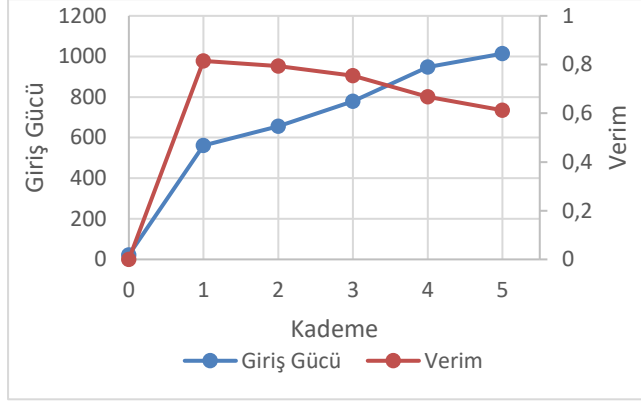
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.64'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.64 : 6'lı gruplama 10° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,49	22,29	0,00
1	12,34	560,62	0,81
2	14,43	655,29	0,79
3	17,16	779,27	0,75
4	20,88	947,99	0,67
5	22,33	1013,93	0,61

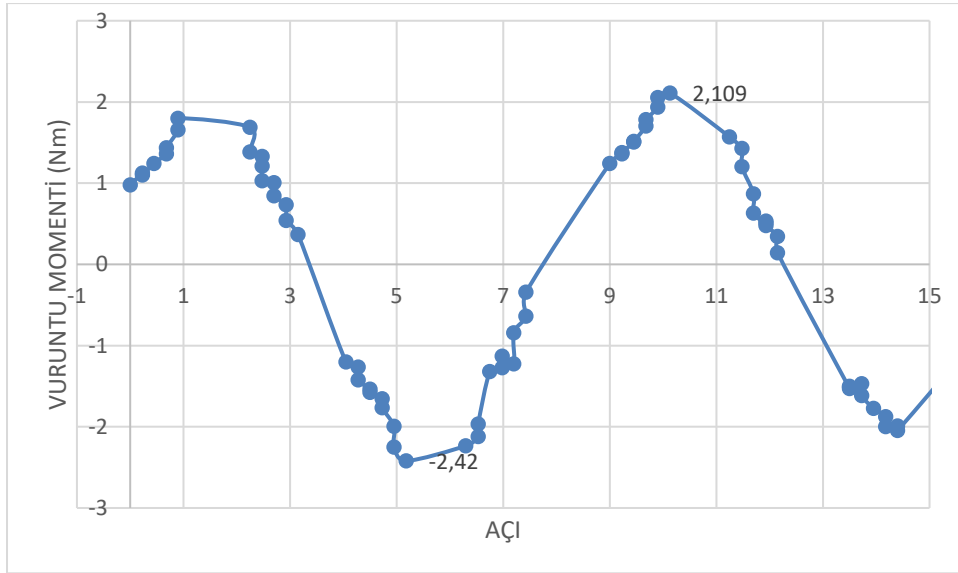
Şekil 4.164'da 6'lı gruplama 10° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafıksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.164 : 6'lı gruplama 10° giriş gücü ve verim değişimi.

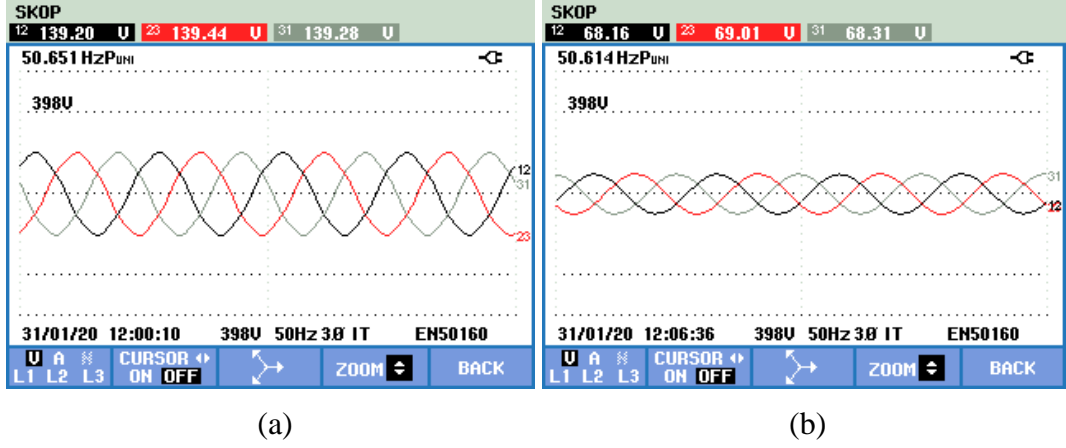
4.3.7. 6'lı gruplama 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 12 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru mu momenti değerleri Şekil 4.165'de verilmiştir. Moment salını mı (-2,42)-(2,109) Nm arasındadır. Toplam moment salını mı 4,529 Nm ve ortalama moment salını mı -0,036 Nm'dir.



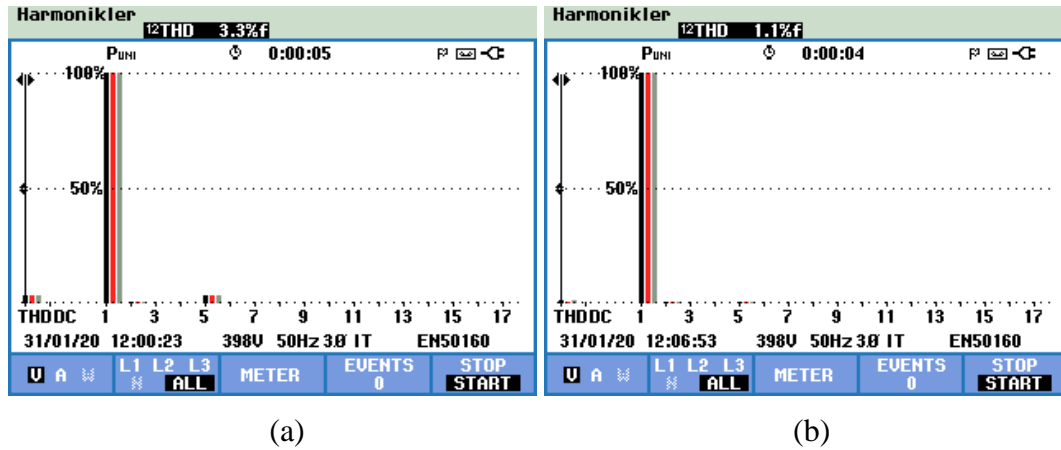
Şekil 4.165 : 6'lı gruplama 12° vuru mu momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.166'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=140,62$ V, frekansı $f=50,65$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=68,94$ V, frekansı $f=50,616$ Hz'dir.



Şekil 4.166 : 6'lı gruplama 12° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.167'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,3 , 5. kademe %1,1 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



Şekil 4.167 : 6'lı gruplama 12° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.65'de 6'lı gruplama 12° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

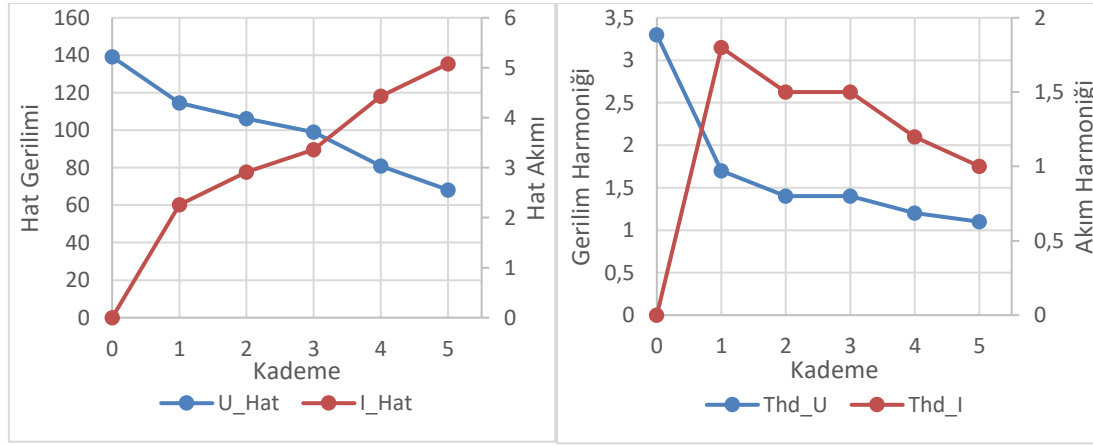
Çizelge 4.65 : 6'lı gruplama 12° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
6'lı gruplama 12°	0	50,651	139,2	0	3,3	0
	1	50,632	114,63	2,26	1,7	1,8
	2	50,624	106,24	2,91	1,4	1,5
	3	50,621	98,95	3,36	1,4	1,5
	4	50,621	80,99	4,43	1,2	1,2
	5	50,614	68,16	5,08	1,1	1

Şekil 4.168’de 6’lı gruplama 12° mknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 139,2 V’den 5. kademede 68,16 V’a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,26 A’den 5. kademede 5,08 A’ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,3 V’den 5. kademede 1,1 V’a, akım harmoniği 1. kademede 1,8 A’den 5. kademede 1 A’ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.168 : 6’lı gruplama 12° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

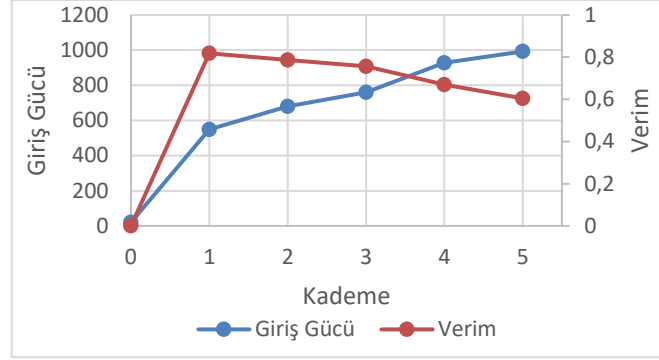
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.66’de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.66 : 6’lı gruplama 12° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,44	19,98	0
1	12,07	548,40	0,82
2	14,98	680,26	0,79
3	16,75	760,50	0,76
4	20,44	928,13	0,67
5	21,86	992,81	0,60

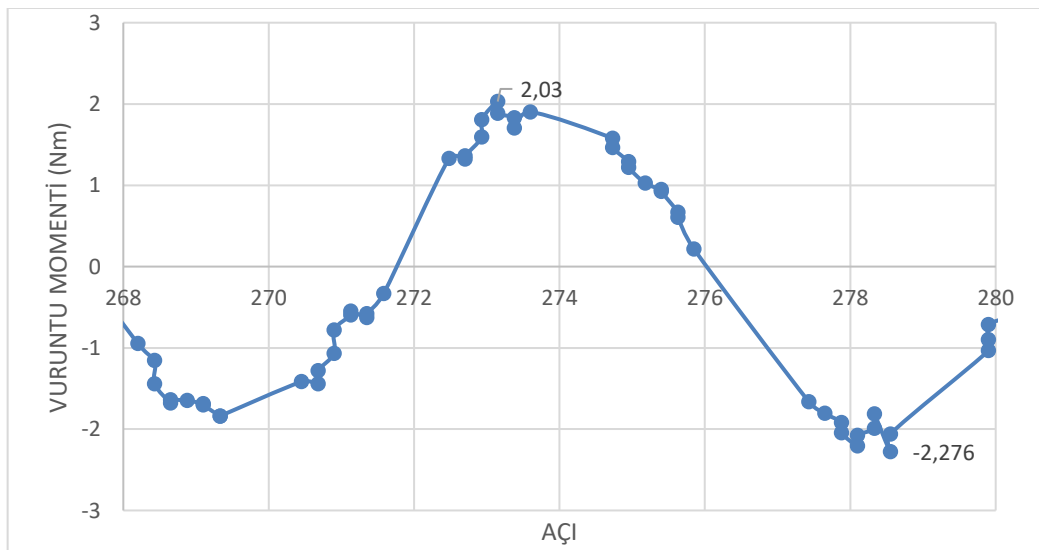
Şekil 4.169’da 6’lı gruplama 12° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirilen eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmiştir.



Şekil 4.169 : 6’lı gruplama 12° giriş gücü ve verim değişimi.

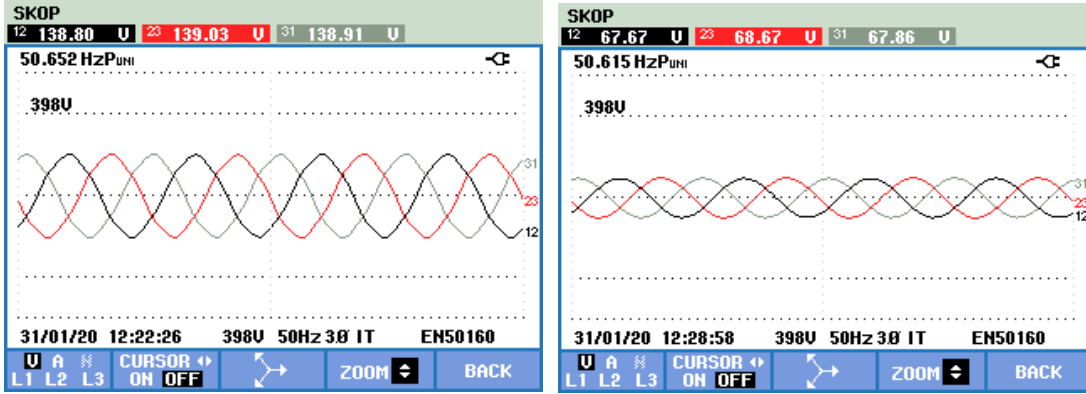
4.3.8. 6’lı gruplama 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6’lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 14 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.170’de verilmiştir. Moment salınımı (-2,276)-(2,03) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 4,3 Nm ve ortalama moment salınımı 0,007 Nm’dir.



Şekil 4.170 : 6’lı gruplama 14° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.171’de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=138,8$ V, frekansı $f=50,652$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=67,67$ V, frekansı $f=50,615$ Hz’dir.

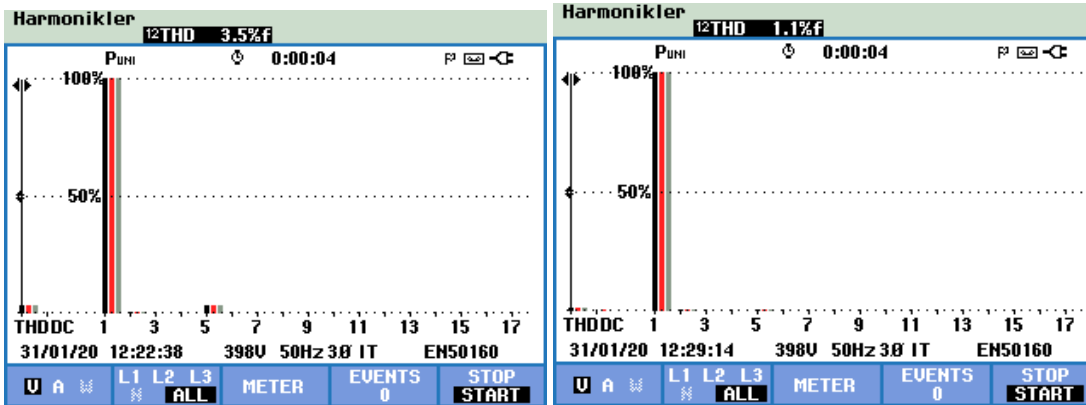


(a)

(b)

Şekil 4.171 : 6’lı gruplama 14° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.172’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %3,5 , 5. kademede %1,1 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.172 : 6’lı gruplama 14° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.67’de 6’lı gruplama 14° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

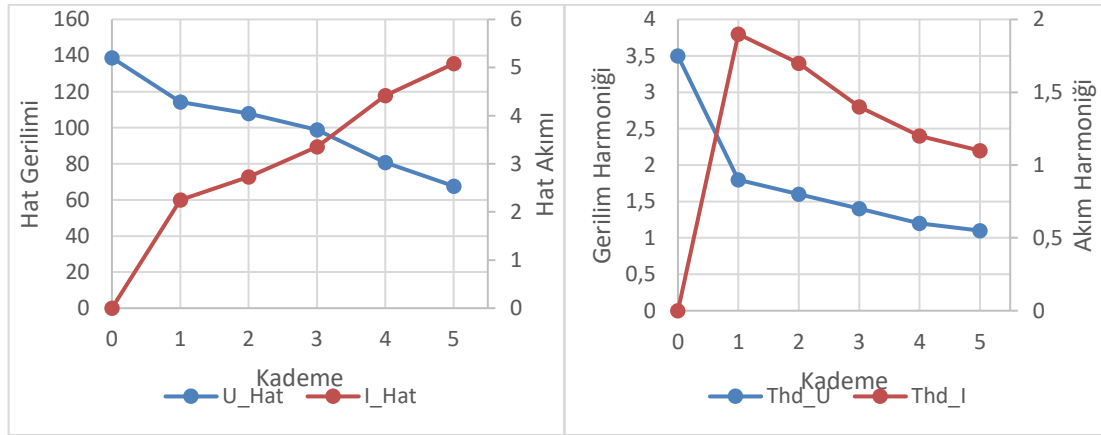
Çizelge 4.67 : 6'lı gruplama 14° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 14°	0	50,652	138,8	0	3,5	0
	1	50,631	114,3	2,25	1,8	1,9
	2	50,621	107,85	2,73	1,6	1,7
	3	50,624	98,73	3,35	1,4	1,4
	4	50,624	80,69	4,42	1,2	1,2
	5	50,615	67,67	5,08	1,1	1,1

Şekil 4.173'de 6'lı gruplama 14° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 138,8 V'dan 5. kademedeki 67,67 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,25 A'den 5. kademedeki 5,08 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 3,5 V'dan 5. kademedeki 1,1 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 1,9 A'den 5. kademedeki 1,1 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.173 : 6'lı gruplama 14° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

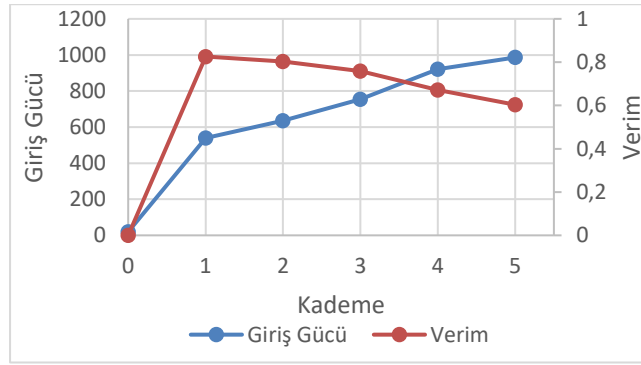
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.68'da yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.68 : 6'lı gruplama 14° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,43	19,69	0
1	11,87	539,27	0,83
2	13,98	635,06	0,80
3	16,62	755,06	0,76
4	20,27	920,52	0,67
5	21,72	986,07	0,60

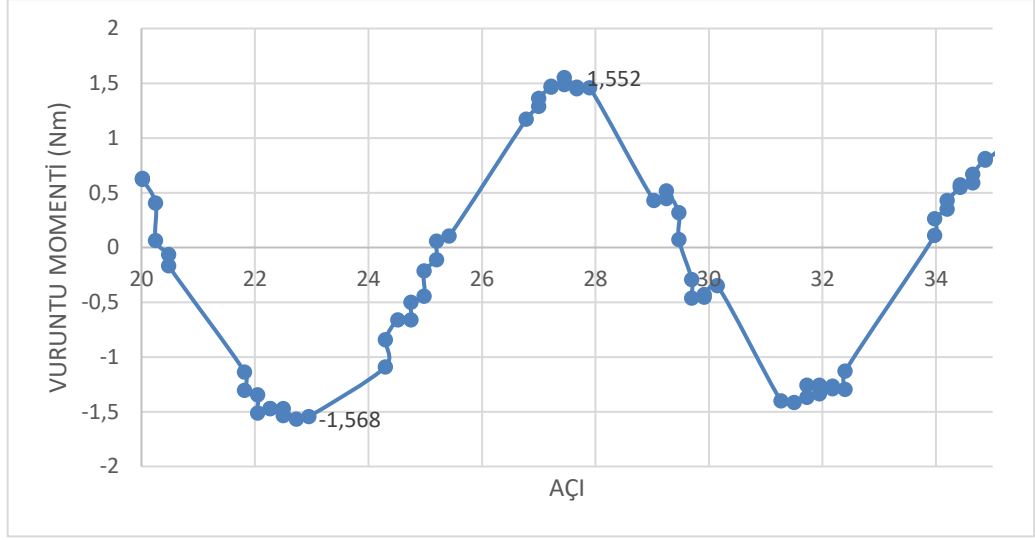
Şekil 4.174'da 6'lı gruplama 14° mıknaş yerleşirme açısında yük kademelerine bağılı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafiksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.174 : 6'lı gruplama 14° giriş gücü ve verim değişimi.

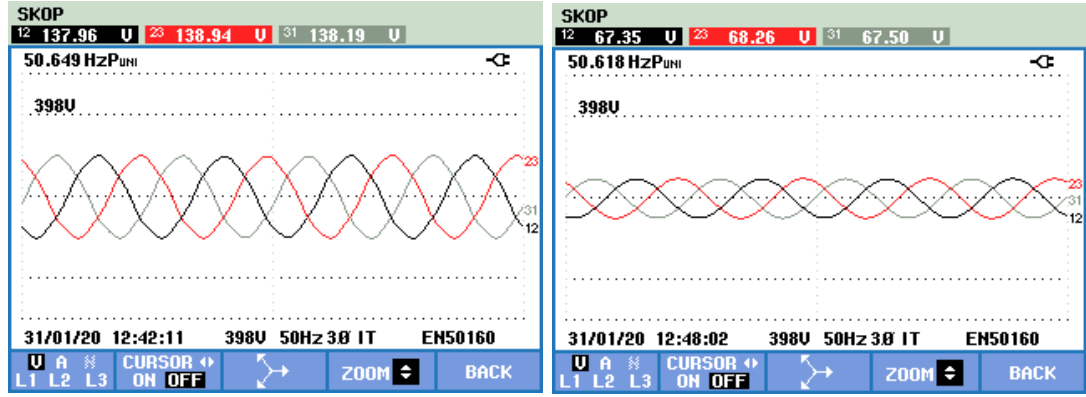
4.3.9. 6'lı gruplama 16 derece mıknaş yerleşirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknaş grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 16 derece mıknaş yerleşirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruşu momenti değerleri Şekil 4.175'de verilmiştir. Moment salınımı (-1,568)-(1,552) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 3,12 Nm ve ortalama moment salınımı -0,105 Nm'dir.



Şekil 4.175 : 6'lı gruplama 16° vuruunt momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.176'da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=137,96$ V, frekansı $f=50,649$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=67,35$ V, frekansı $f=50,618$ Hz'dir.

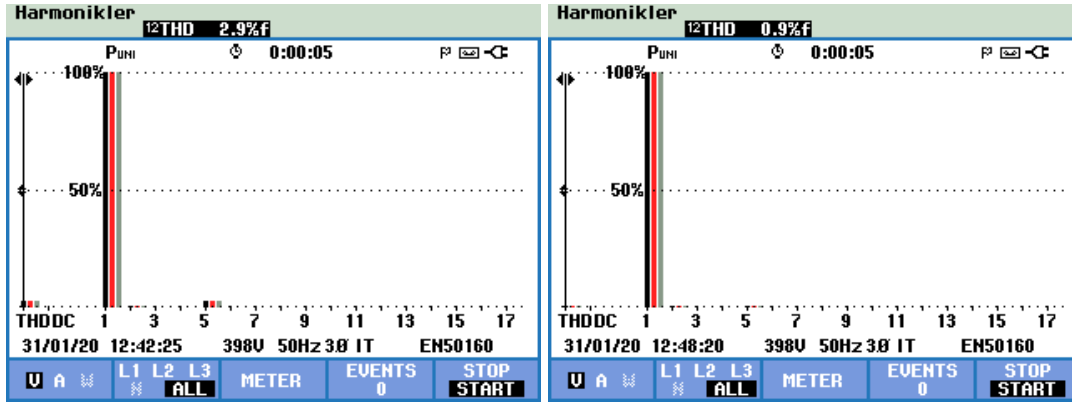


(a)

(b)

Şekil 4.176 : 6'lı gruplama 16° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.177'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %2,9 , 5. kademede %0,9 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.177 : 6'lı gruplama 16° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.69'de 6'lı gruplama 16° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

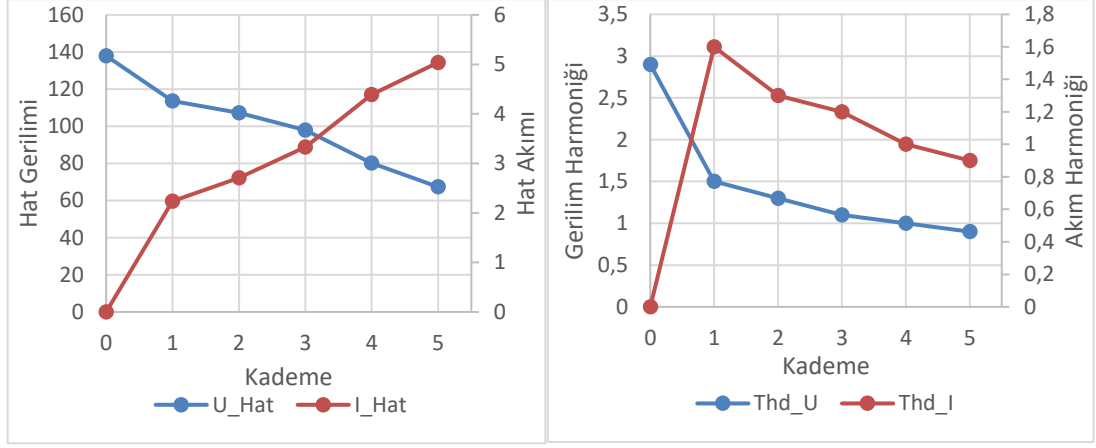
Çizelge 4.69 : 6'lı gruplama 16° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 16°	0	50,649	137,96	0	2,9	0
	1	50,628	113,61	2,24	1,5	1,6
	2	50,624	107,31	2,71	1,3	1,3
	3	50,616	97,97	3,33	1,1	1,2
	4	50,617	80,1	4,39	1	1
	5	50,618	67,35	5,04	0,9	0,9

Şekil 4.178'de 6'lı gruplama 16° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 137,96 V'dan 5. kademedeki 67,35 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,24 A'den 5. kademedeki 5,04 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 2,9 V'dan 5. kademedeki 0,9 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 1,6 A'den 5. kademedeki 0,9 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.178 : 6'lı gruplama 16° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

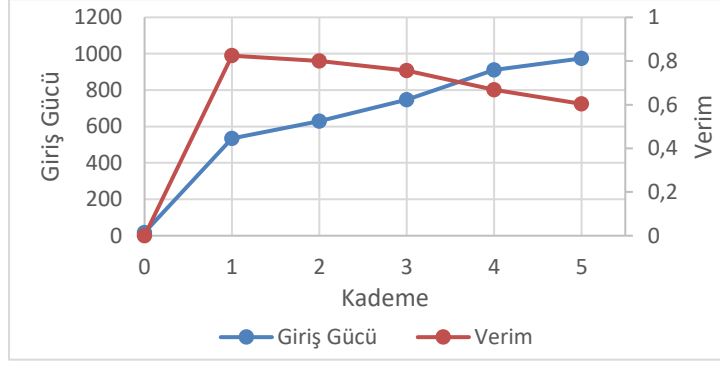
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.70'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.70 : 6'lı gruplama 16° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,39	17,86	0,00
1	11,77	534,64	0,82
2	13,86	629,38	0,80
3	16,46	747,37	0,76
4	20,06	911,03	0,67
5	21,46	974,37	0,60

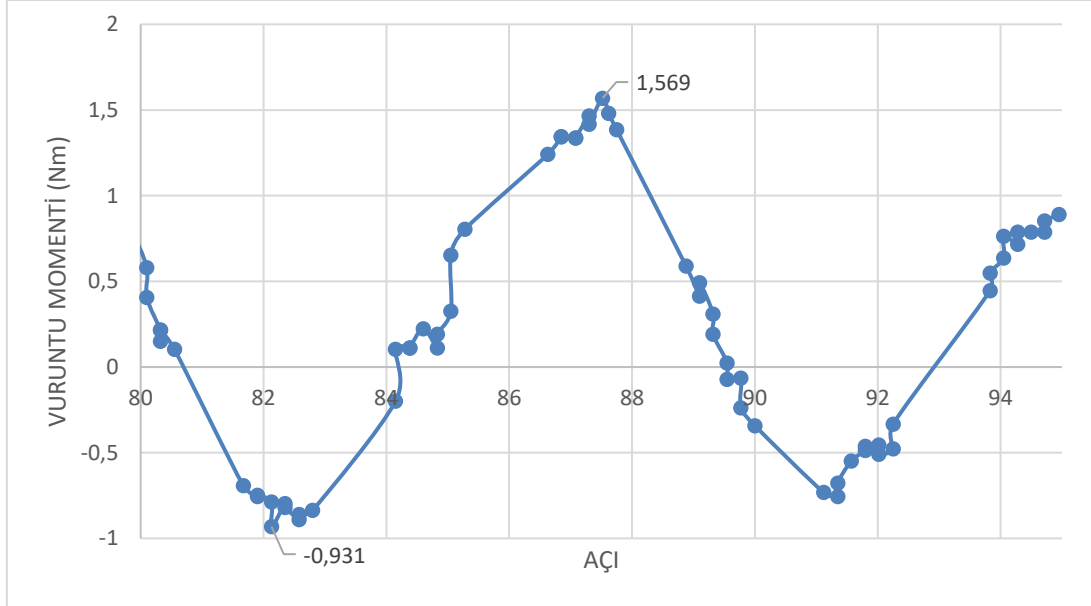
Şekil 4.179'da 6'lı gruplama 16° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafıksel eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.179 : 6'lı grupta 16° giriş gücü ve verim değişimi.

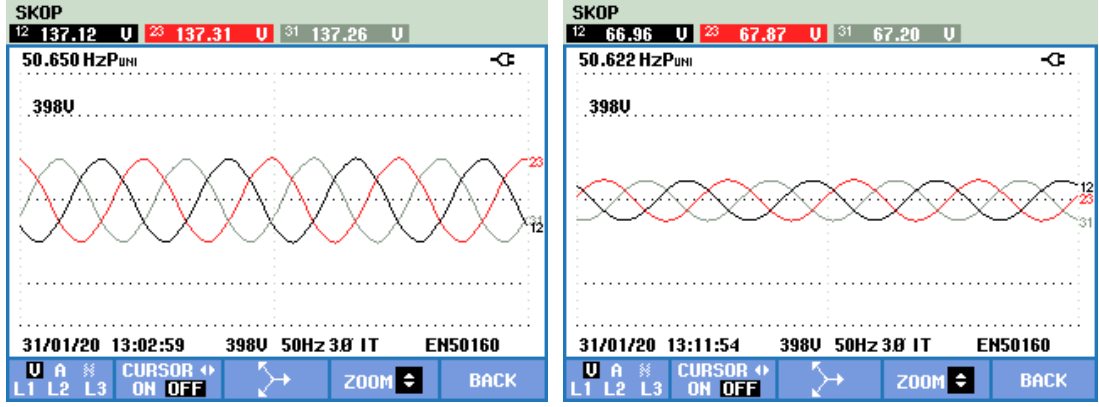
4.3.10. 6'lı grupta 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 18 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Şekil 4.180'de verilmiştir. Moment salınımı (-0,931)-(1,569) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 2,5 Nm ve ortalama moment salınımı 0,258 Nm'dir.



Şekil 4.180 : 6'lı grupta 18° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademe elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.181'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=137,12$ V, frekansı $f=50,65$ Hz ve 5. kademe hat gerilimi $U_{hat}=66,96$ V, frekansı $f=50,622$ Hz'dir.

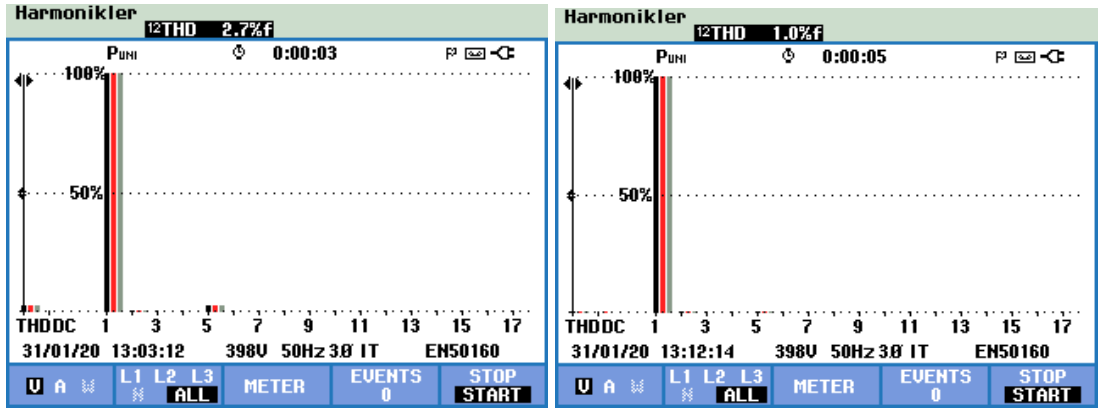


(a)

(b)

Şekil 4.181 : 6'lı gruplama 18° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.182'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %2,7 , 5. kademede %1,0 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.182 : 6'lı gruplama 18° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.71'de 6'lı gruplama 18° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

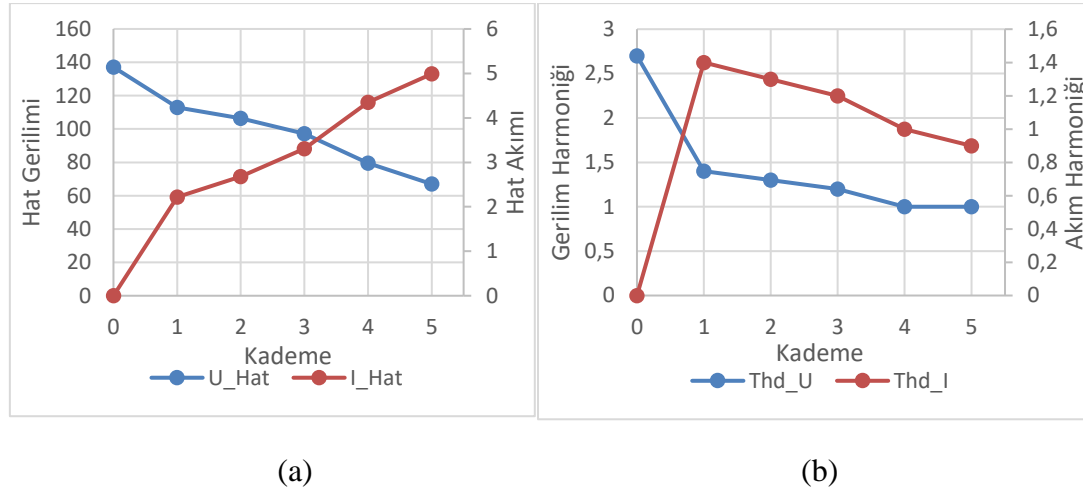
Çizelge 4.71 : 6'lı gruplama 18° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U ₁	I ₁	THd _U	THd _I
6'lı gruplama 18°	0	50,65	137,12	0	2,7	0
	1	50,624	112,89	2,22	1,4	1,4
	2	50,629	106,47	2,68	1,3	1,3
	3	50,616	97,25	3,31	1,2	1,2
	4	50,62	79,48	4,35	1	1
	5	50,622	66,96	4,99	1	0,9

Şekil 4.183'de 6'lı gruplama 18° mknatis yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 137,12 V'dan 5. kademede 66,96 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademede 2,22 A'den 5. kademede 4,99 A'e yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 2,7 V'dan 5. kademede 1 V'a, akım harmoniği 1. kademede 1,4 A'den 5. kademede 0,9 A'e azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



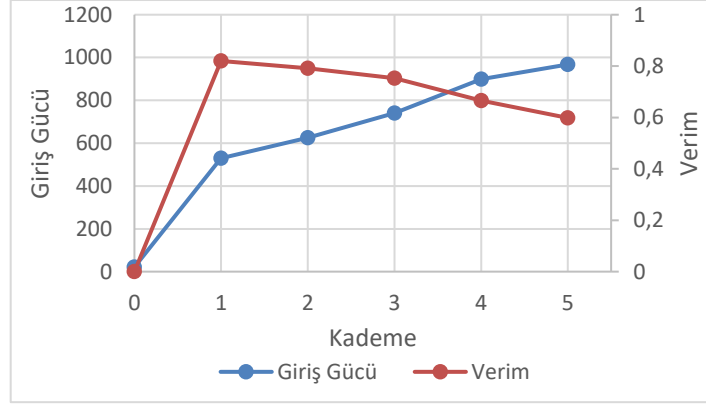
Şekil 4.183 : 6'lı gruplama 18° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.72'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.72 : 6'lı gruplama 18° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,47	21,24	0,00
1	11,66	529,40	0,82
2	13,75	624,70	0,79
3	16,31	740,44	0,75
4	19,79	898,92	0,67
5	21,31	967,58	0,60

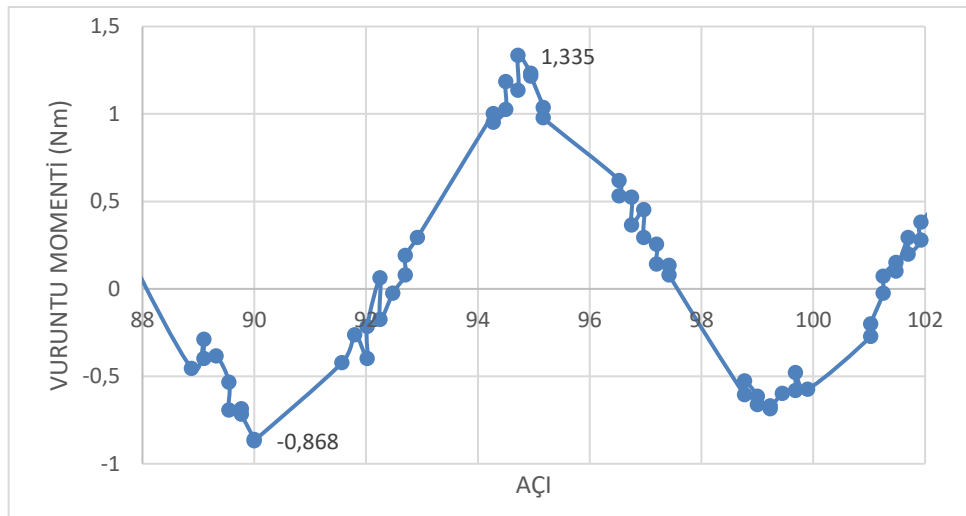
Şekil 4.184’da 6’lı gruplama 18° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirildiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.184 : 6’lı gruplama 18° giriş gücü ve verim değişimi.

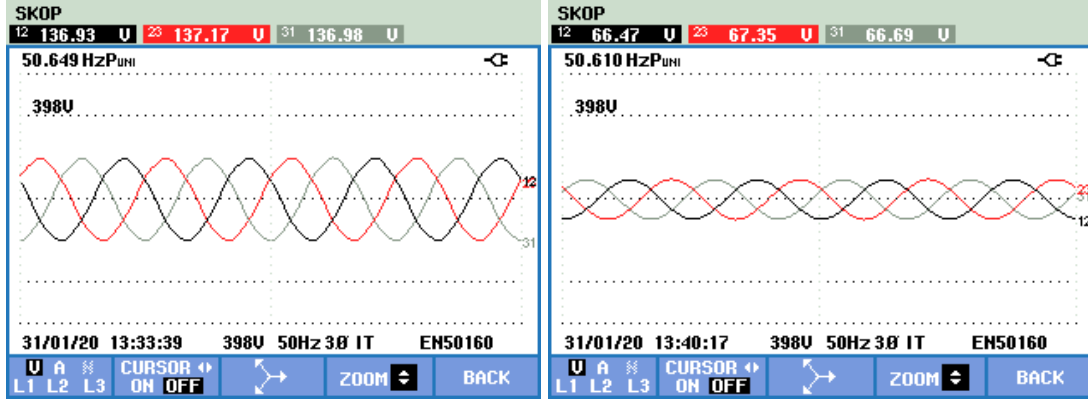
4.3.11. 6’lı gruplama 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6’lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 20 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuruş momenti değerleri Grafik 4.185’de verilmiştir. Moment salınımı (-0,868)- (1,335) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 2,203 Nm ve ortalama moment salınımı 0,238 Nm’dir.



Şekil 4.185 : 6’lı gruplama 20° vuruş momenti.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.186’da gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=136,93$ V, frekansı $f=50,649$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=66,47$ V, frekansı $f=50,610$ Hz’dir.

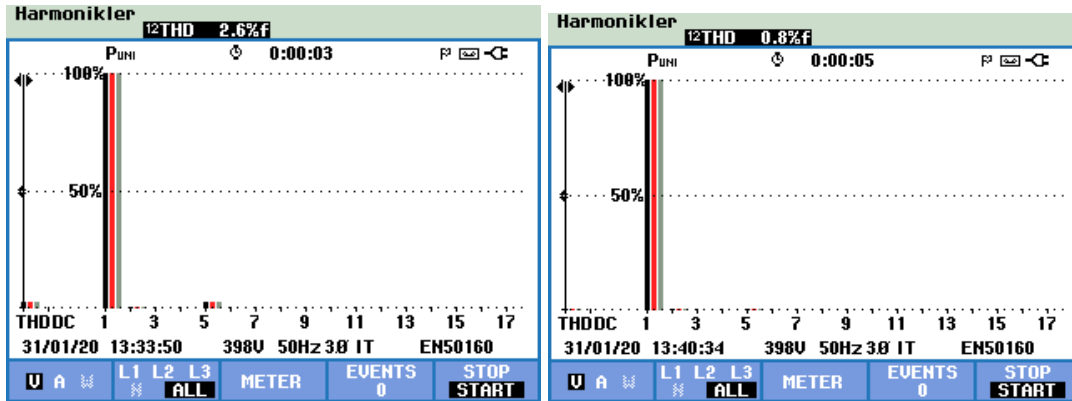


(a)

(b)

Şekil 4.186 : 6’lı gruplama 20° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.187’de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %2,6 , 5. kademede %0,8 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.187 : 6’lı gruplama 20° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.73’de 6’lı gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

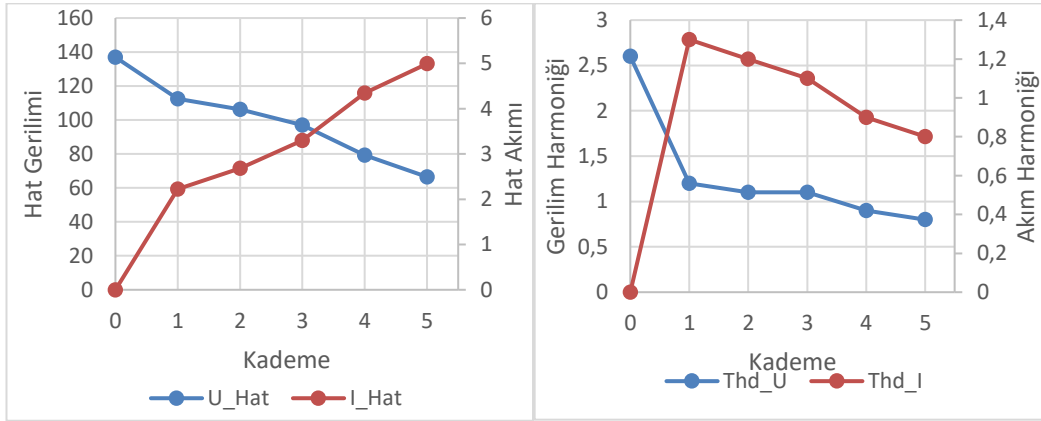
Çizelge 4.73 : 6'lı gruplama 20° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 20°	0	50,649	136,93	0	2,6	0
	1	50,632	112,46	2,22	1,2	1,3
	2	50,627	106,26	2,68	1,1	1,2
	3	50,624	97,04	3,3	1,1	1,1
	4	50,62	79,24	4,34	0,9	0,9
	5	50,61	66,47	4,99	0,8	0,8

Şekil 4.188'de 6'lı gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 136,93 V'dan 5. kademedeki 66,47 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,22 A'den 5. kademedeki 4,99 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 2,6 V'dan 5. kademedeki 0,8 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 1,3 A'den 5. kademedeki 0,8 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.188 : 6'lı gruplama 20° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

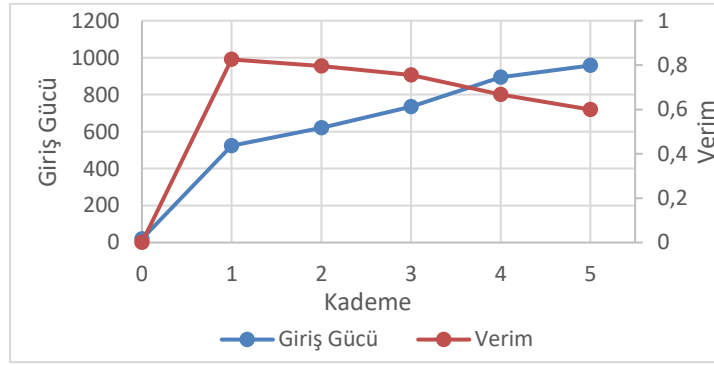
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.74'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.74 : 6'lı gruplama 20° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	0,43	19,64	0,00
1	11,54	523,97	0,83
2	13,65	619,91	0,80
3	16,18	734,98	0,75
4	19,67	893,43	0,67
5	21,09	957,68	0,60

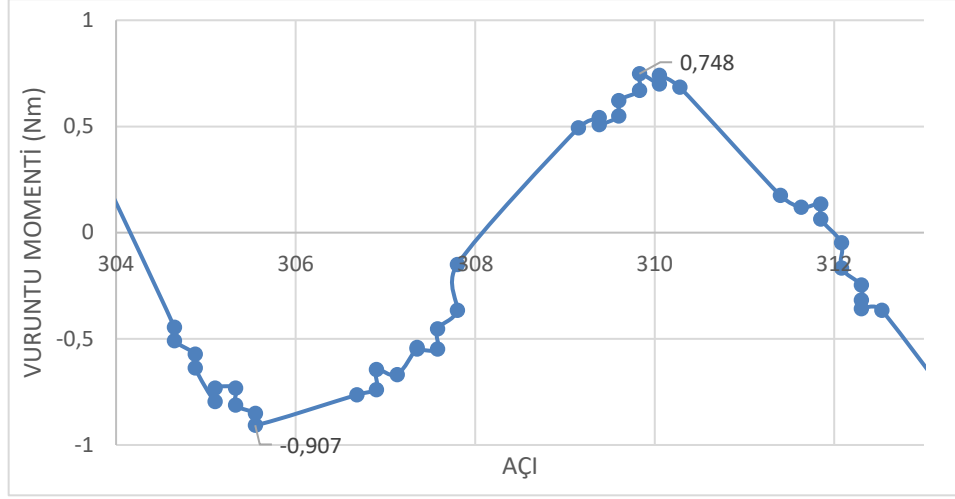
Şekil 4.189'da 6'lı gruplama 20° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirilen eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.189 : 6'lı gruplama 20° giriş gücü ve verim değişimi.

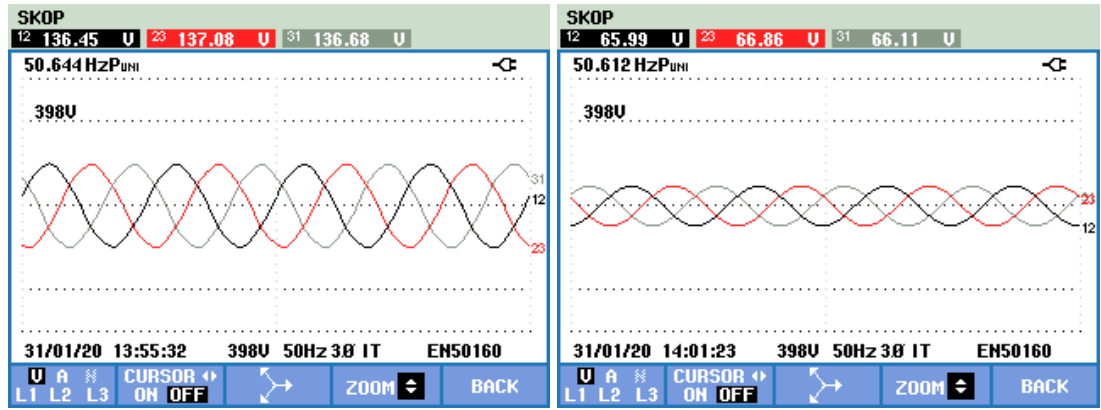
4.3.12. 6'lı gruplama 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı tekniği sonuçları

6'lı mıknatıs grupları arasında 30 derecelik açı olan ve 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı için hazırlanan pleksi ile yapılan deneydir. 1 Hz frekansla sürülerek EASM senkron generatörde test değerleri elde edilmiştir. Düşük devirde çalıştırılarak alınan vuru moment değerleri Şekil 4.190'da verilmiştir. Moment salınımı (-0,907)-(0,748) Nm arasındadır. Toplam moment salınımı 1,655 Nm ve ortalama moment salınımı 0,043 Nm'dir.



Şekil 4.190 : 6'lı gruplama 22° vuru momentini.

Yapılan deney seti sonucunda yüksüz ve 5. kademede elde edilen gerilim eğrileri Şekil 4.191'de gösterilmekte olup, yüksüz hat gerilimi $U_{hat}=136,45$ V, frekansı $f=50,644$ Hz ve 5. kademede hat gerilimi $U_{hat}=65,99$ V, frekansı $f=50,612$ Hz'dir.

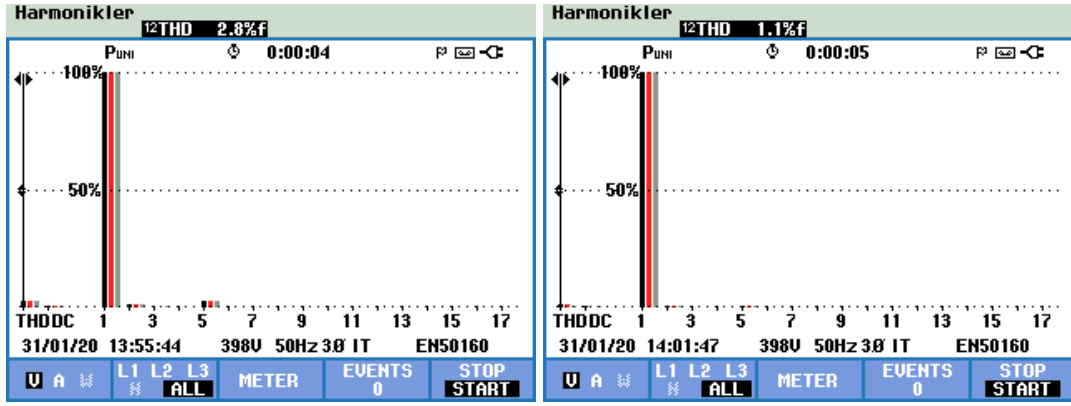


(a)

(b)

Şekil 4.191 : 6'lı gruplama 22° 3 faz gerilim eğrisi a) Yüksüz b) 5. kademe.

Şekil 4.192'de 3 faz gerilim sinyalinde ki harmoniklere ait değişimler gösterilmekte olup, her faz için yüksüz durumda %2,8 , 5. kademede %1,1 oranında gerilim harmoniği olduğu görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.192 : 6'lı gruplama 22° 3 faz gerilim harmonikleri a) Yüksüz b) 5.kademe.

Çizelge 4.75'de 6'lı gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısıyla elde edilen tüm kademelere ait, sırasıyla frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği ve akım harmoniği değerleri gösterilmektedir.

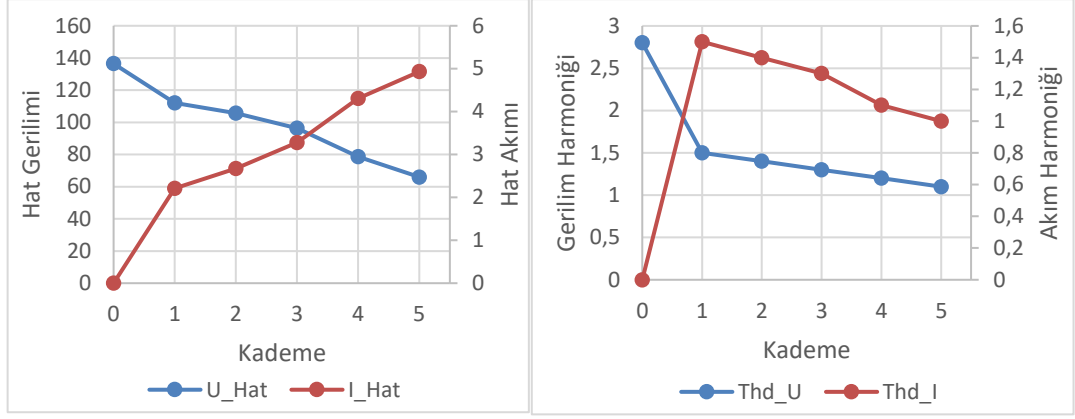
Çizelge 4.75 : 6'lı gruplama 22° ile alınan deneysel sonuçlar.

	Kademe	f	U_1	I_1	THd_U	THd_I
6'lı gruplama 22°	0	50,644	136,45	0	2,8	0
	1	50,623	112,15	2,21	1,5	1,5
	2	50,619	105,72	2,67	1,4	1,4
	3	50,624	96,35	3,28	1,3	1,3
	4	50,617	78,61	4,31	1,2	1,1
	5	50,612	65,99	4,93	1,1	1

Şekil 4.193'de 6'lı gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademesine göre a) hat gerilimi ve hat akımı değişimleri ile b) gerilim ve akım harmonik değişimlerine ait grafiksel gösterime yer verilmiştir. Grafiksel gösterim değerlendirildiğinde;

Hat gerilimi yüksüz konumda 136,45 V'dan 5. kademedeki 65,99 V'a azalma gösterirken hat akımı 1. kademedeki 2,21 A'den 5. kademedeki 4,93 A'ye yükselmektedir. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin azaldığı, hat akımının arttığı gözlenmektedir.

Gerilim harmoniği yüksüz konumda 2,8 V'dan 5. kademedeki 1,1 V'a, akım harmoniği 1. kademedeki 1,5 A'den 5. kademedeki 1 A'ye azalmaktadır. Yük kademesi arttıkça hat geriliminin ve hat akımının azaldığı gözlenmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.193 : 6'lı gruplama 22° a) hat gerilimi ve hat akımı değişimi

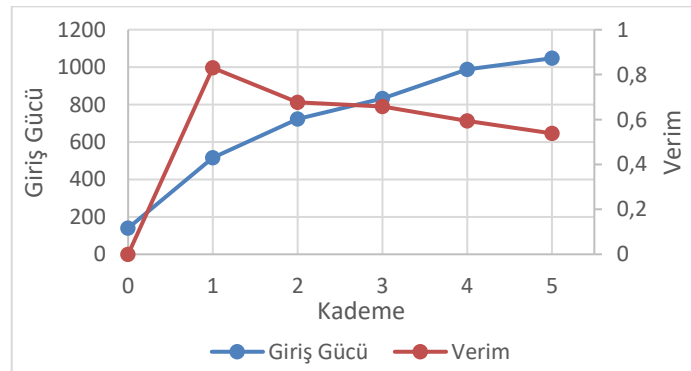
b) gerilim ve akım harmonik değişimi.

Çizelge 4.76'de yük kademelerine bağlı olarak elde edilen; ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.76 : 6'lı gruplama 22° ortalama moment, giriş gücü ve verim değerleri.

KADEME	Mort	Pg	Verim
0	3,08	139,94	0
1	11,36	515,91	0,83
2	15,91	722,59	0,68
3	18,32	832,04	0,66
4	21,76	988,18	0,59
5	23,07	1047,54	0,54

Şekil 4.194'da 6'lı gruplama 22° mıknatıs yerleştirme açısında yük kademelerine bağlı olarak alınan giriş gücü ve verim değerlerine ilişkin eğriler görülmektedir. Grafikselleştirilen eğriler incelendiğinde yük kademeleri arttıkça giriş gücünün arttığı ancak verim değerinin azaldığı elde edilmektedir.



Şekil 4.194 : 6'lı gruplama 22° giriş gücü ve verim değişimi.

4.3.13. 6'lı grupta genel değerlendirme

Çizelge 4.77'de 6'lı mıknatıs grupta tüm derece ve yük kademelerine ait alınan; frekans, hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği, akım harmoniği, moment ortalaması, giriş gücü, çıkış gücü ve verim değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.77 : 6'lı grupta ile alınan deneysel sonuçlar.

6'lı grupta 0 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,645	50,629	50,622	50,622	50,612	50,603
Uh(V)	141,01	116,99	110,44	101,12	82,71	69,48
Ih(A)	0	2,3	2,79	3,43	4,55	5,23
THd_U (V)	3,7	2,4	2,1	1,9	1,6	1,4
THd_I (A)	0	2,5	2,2	2	1,6	1,4
Mort	0,55	12,40	14,66	17,34	21,16	22,66
n (Devir sayısı)	434,10	433,96	433,90	433,90	433,82	433,74
w	45,44	45,42	45,42	45,42	45,41	45,40
Pg (Watt)	25,12	563,38	665,99	787,60	960,67	1028,71
Pç (Watt)	0,00	466,07	533,71	600,76	651,84	629,41
Verim	0,00	0,83	0,80	0,76	0,68	0,61
6'lı grupta 2 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,648	50,62	50,62	50,612	50,609	50,612
Uh(V)	140,91	116,38	110,04	100,66	82,53	69,19
Ih(A)	0	2,31	2,77	3,41	4,5	5,19
THd_U (V)	3,9	2,4	2,3	2	1,6	1,4
THd_I (A)	0	2,5	2,3	2	1,6	1,4
Mort	0,61	12,39	14,66	17,33	21,11	22,62
n (Devir sayısı)	434,13	433,89	433,89	433,82	433,79	433,82
w	45,44	45,41	45,41	45,41	45,40	45,41
Pg (Watt)	27,69	562,53	665,72	787,10	958,39	1027,29
Pç (Watt)	0,00	465,65	527,96	594,54	643,28	621,99
Verim	0,00	0,83	0,79	0,76	0,67	0,61
6'lı grupta 4 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,656	50,623	50,613	50,62	50,615	50,613
Uh(V)	141,71	116,88	110,45	100,96	82,64	69,42
Ih(A)	0	2,3	2,78	3,42	4,51	5,18
THd_U (V)	4,2	2,6	2,3	2,1	1,8	1,6
THd_I (A)	0	2,7	2,4	2,1	1,7	1,5
Mort	1,07	13,14	15,50	18,19	21,89	23,31
n (Devir sayısı)	434,19	433,91	433,83	433,89	433,84	433,83
w	45,45	45,42	45,41	45,41	45,41	45,41
Pg (Watt)	48,64	596,76	703,61	826,26	994,14	1058,46
Pç (Watt)	0,00	465,63	531,84	598,07	645,56	622,86
Verim	0,00	0,78	0,76	0,72	0,65	0,59

Çizelge 4.77 devamı: 6'lı gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.

6'lı gruplama 6 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,655	50,622	50,622	50,619	50,62	50,609
Uh(V)	140,58	115,92	109,5	100,11	82,08	68,76
Ih(A)	0	2,29	2,76	3,4	4,47	5,15
THd_U (V)	3,6	2	1,8	1,6	1,4	1,3
THd_I (A)	0	2,1	1,9	1,7	1,4	1,2
Mort	0,51	13,30	15,42	18,11	21,92	23,47
n (Devir sayısı)	434,19	433,90	433,90	433,88	433,89	433,79
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,41	45,40
Pg (Watt)	23,05	604,13	700,23	822,35	995,52	1065,73
Pç (Watt)	0,00	459,80	523,48	589,56	635,50	613,36
Verim	0,00	0,76	0,75	0,72	0,64	0,58
6'lı gruplama 8 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,65	50,636	50,633	50,625	50,618	50,616
Uh(V)	140,62	115,98	109,45	100,15	81,91	68,94
Ih(A)	0	2,29	2,76	3,39	4,48	5,14
THd_U (V)	3,7	2	1,8	1,6	1,3	1,3
THd_I (A)	0	2,1	1,9	1,7	1,3	1,2
Mort	0,54	12,27	14,51	17,16	20,92	22,44
n (Devir sayısı)	434,14	434,02	434,00	433,93	433,87	433,85
w	45,44	45,43	45,43	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	24,59	557,40	658,89	779,21	950,17	1018,92
Pç (Watt)	0,00	460,04	523,24	588,06	635,61	613,77
Verim	0,00	0,83	0,79	0,75	0,67	0,60
6'lı gruplama 10 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,648	50,623	50,618	50,618	50,609	50,614
Uh(V)	140,39	115,69	109,19	99,87	81,6	69,6
Ih(A)	0	2,28	2,75	3,4	4,48	5,15
THd_U (V)	3,6	2	1,8	1,5	1,3	1,2
THd_I (A)	0	2,2	2	1,7	1,4	1,2
Mort	0,49	12,34	14,43	17,16	20,88	22,33
n (Devir sayısı)	434,13	433,91	433,87	433,87	433,79	433,83
w	45,44	45,42	45,41	45,41	45,40	45,41
Pg (Watt)	22,29	560,62	655,29	779,27	947,99	1013,93
Pç (Watt)	0,00	456,88	520,10	588,15	633,20	620,85
Verim	0,00	0,81	0,79	0,75	0,67	0,61

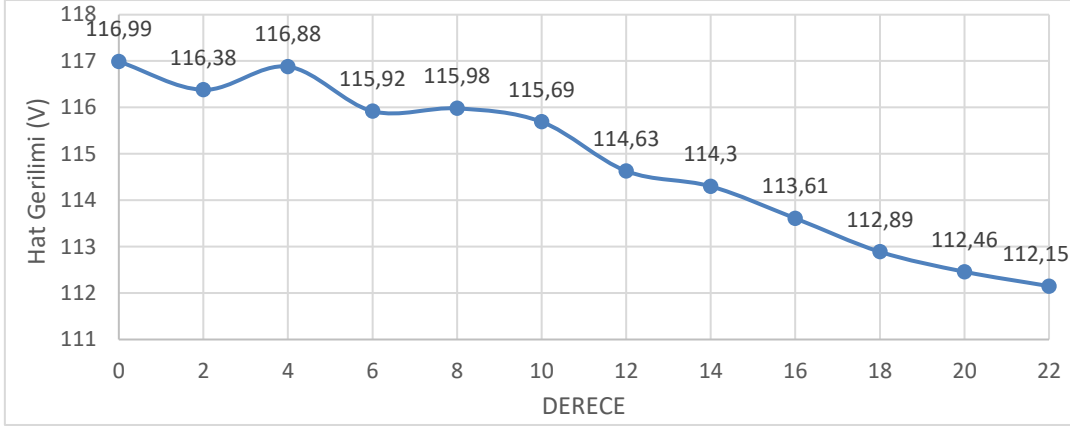
Çizelge 4.77 devamı: 6'lı gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.

6'lı gruplama 12 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,651	50,632	50,624	50,621	50,621	50,614
Uh(V)	139,2	114,63	106,24	98,95	80,99	68,16
Ih(A)	0	2,26	2,91	3,36	4,43	5,08
THd_U (V)	3,3	1,7	1,4	1,4	1,2	1,1
THd_I (A)	0	1,8	1,5	1,5	1,2	1
Mort	0,44	12,07	14,98	16,75	20,44	21,86
n (Devir sayısı)	434,15	433,99	433,92	433,89	433,89	433,83
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,41	45,41
Pg (Watt)	19,98	548,40	680,26	760,50	928,13	992,81
Pç (Watt)	0,00	448,72	535,49	575,87	621,45	599,74
Verim	0,00	0,82	0,79	0,76	0,67	0,60
6'lı gruplama 14 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,651	50,632	50,624	50,621	50,621	50,614
Uh(V)	139,2	114,63	106,24	98,95	80,99	68,16
Ih(A)	0	2,26	2,91	3,36	4,43	5,08
THd_U (V)	3,3	1,7	1,4	1,4	1,2	1,1
THd_I (A)	0	1,8	1,5	1,5	1,2	1
Mort	0,44	12,07	14,98	16,75	20,44	21,86
n (Devir sayısı)	434,15	433,99	433,92	433,89	433,89	433,83
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,41	45,41
Pg (Watt)	19,98	539,27	680,26	760,50	928,13	992,81
Pç (Watt)	0,00	445,45	535,49	575,87	621,45	599,74
Verim	0,00	0,82	0,79	0,76	0,67	0,60
6'lı gruplama 16 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,649	50,628	50,624	50,616	50,617	50,618
Uh(V)	137,96	113,61	107,31	97,97	80,1	67,35
Ih(A)	0	2,24	2,71	3,33	4,39	5,04
THd_U (V)	2,9	1,5	1,3	1,1	1	0,9
THd_I (A)	0	1,6	1,4	1,2	1	0,9
Mort	0,39	11,77	13,86	16,46	20,06	21,46
n (Devir sayısı)	434,13	433,95	433,92	433,85	433,86	433,87
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,41	45,41
Pg (Watt)	17,86	534,64	629,38	747,37	911,03	974,37
Pç (Watt)	0,00	440,80	503,71	565,08	609,07	587,95
Verim	0,00	0,82	0,80	0,76	0,67	0,60

Çizelge 4.77 devamı: 6'lı gruplama ile alınan deneysel sonuçlar.

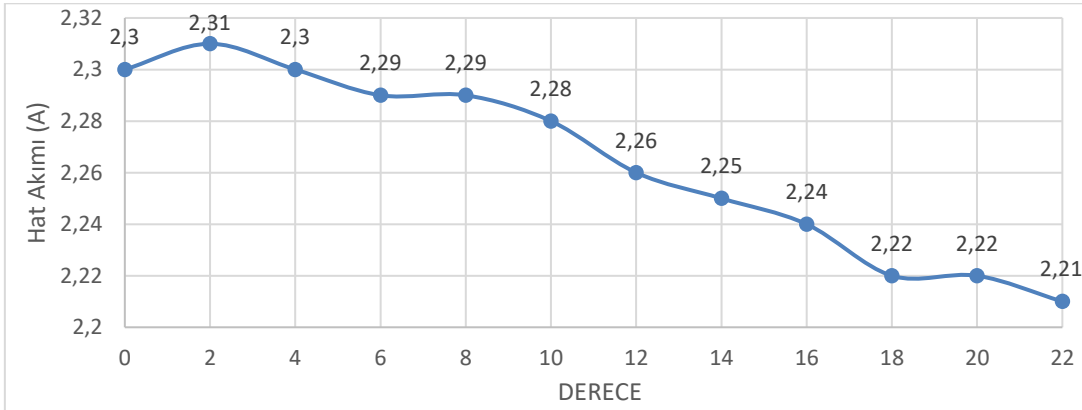
6'lı gruplama 18 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,65	50,624	50,629	50,616	50,62	50,622
Uh(V)	137,12	112,89	106,47	97,25	79,48	66,96
Ih(A)	0	2,22	2,68	3,31	4,35	4,99
THd_U (V)	2,7	1,4	1,3	1,2	1	1
THd_I (A)	0	1,4	1,3	1,2	1	0,9
Mort	0,47	11,66	13,75	16,31	19,79	21,31
n (Devir sayısı)	434,14	433,92	433,96	433,85	433,89	433,90
w	45,44	45,42	45,42	45,41	45,41	45,42
Pg (Watt)	21,24	529,40	624,70	740,44	898,92	967,58
Pç (Watt)	0,00	434,09	494,24	557,56	598,85	578,75
Verim	0,00	0,82	0,79	0,75	0,67	0,60
6'lı gruplama 20 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,649	50,632	50,627	50,624	50,62	50,61
Uh(V)	136,93	112,46	106,26	97,04	79,24	66,47
Ih(A)	0	2,22	2,68	3,3	4,34	4,99
THd_U (V)	2,6	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8
THd_I (A)	0	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8
Mort	0,43	11,54	13,65	16,18	19,67	21,09
n (Devir sayısı)	434,13	433,99	433,95	433,92	433,89	433,80
w	45,44	45,42	45,42	45,42	45,41	45,40
Pg (Watt)	19,64	523,97	619,91	734,98	893,43	957,68
Pç (Watt)	0,00	432,44	493,26	554,67	595,67	574,51
Verim	0,00	0,83	0,80	0,75	0,67	0,60
6'lı gruplama 22 °						
Yük Kademesi	0	1	2	3	4	5
f (Hz)	50,644	50,623	50,619	50,624	50,617	50,612
Uh(V)	136,45	112,15	105,72	96,35	78,61	65,99
Ih(A)	0	2,21	2,67	3,28	4,31	4,93
THd_U (V)	2,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
THd_I (A)	0	1,5	1,4	1,3	1,1	1
Mort	3,08	11,36	15,91	18,32	21,76	23,07
n (Devir sayısı)	434,09	433,91	433,88	433,92	433,86	433,82
w	45,43	45,42	45,41	45,42	45,41	45,41
Pg (Watt)	139,94	515,91	722,59	832,04	988,18	1047,54
Pç (Watt)	0,00	429,30	488,92	547,39	586,85	563,51
Verim	0,00	0,83	0,68	0,66	0,59	0,54

Şekil 4.195’de 6’lı mıknatıs gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan hat gerilim değerlerine ait eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Hat geriliminde %4,14 oranında düşüş meydana gelmiştir.



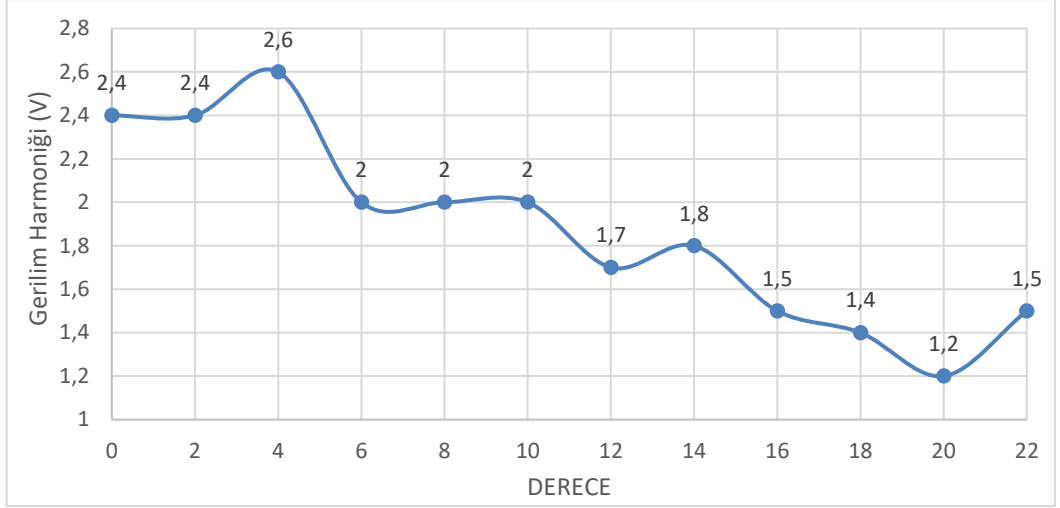
Şekil 4.195 : 6’lı gruplama hat gerilimi eğrisi.

Şekil 4.196 ’de 6’lı mıknatıs gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan hat akım değerlerine ait grafik verilmektedir. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak oluşturulmuştur. Hat akımında %3,91 oranında düşüş meydana gelmiştir.



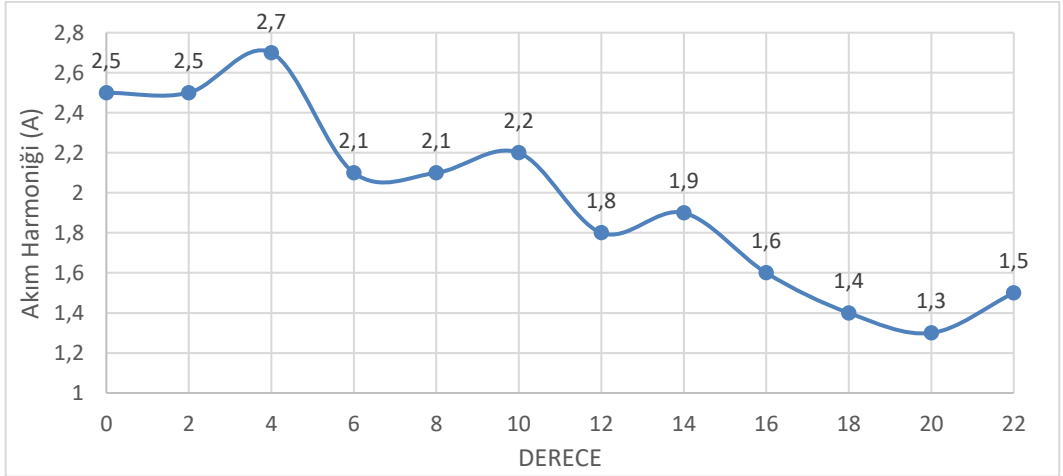
Şekil 4.196 : 6’lı gruplama hat akımı eğrisi.

Şekil 4.197’de 6’lı mıknatıs gruplamasında 0’dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan gerilim harmoniği değerlerine ilişkin eğri bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak gerilim harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Gerilim harmoniğinde %37,5 oranında iyileşme sağlanmıştır.



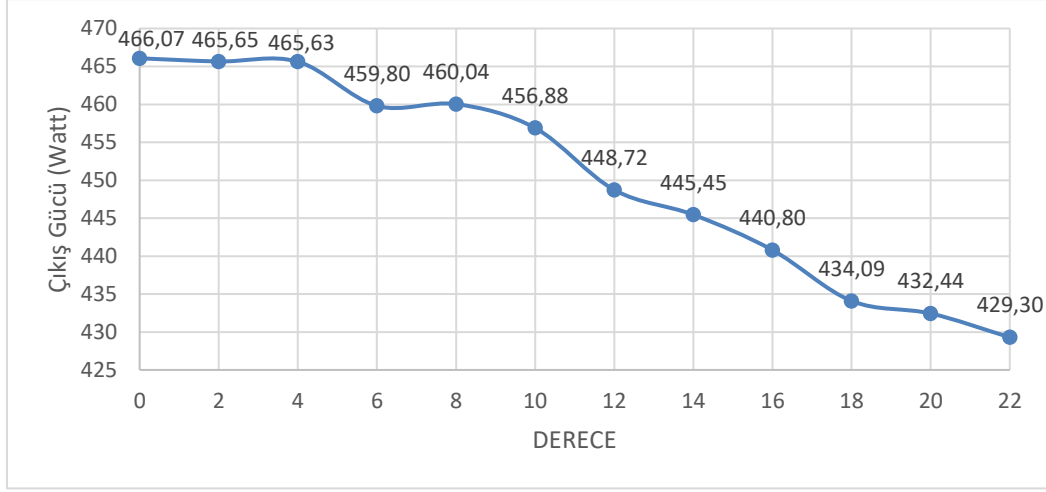
Şekil 4.197 : 6'lı gruplama gerilim harmoniği eğrisi.

Şekil 4.198'da 6'lı mıknatıs gruplamasında 0'dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda alınan akım harmoniği değerlerine ilişkin grafik bulunmaktadır. Grafik makine 1. yük kademesi baz alınarak yapılmıştır. Dereceye bağlı olarak akım harmoniğinin düştüğü görülmektedir. Akım harmoniğinde %40 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.198 : 6'lı gruplama akım harmoniği eğrisi.

Şekil 4.199'de 6'lı mıknatıs gruplamasında derecelere bağlı olarak çıkış güçlerine ait grafik verilmektedir. Çıkış gücünde %7,89 oranında düşüş meydana gelmiştir.



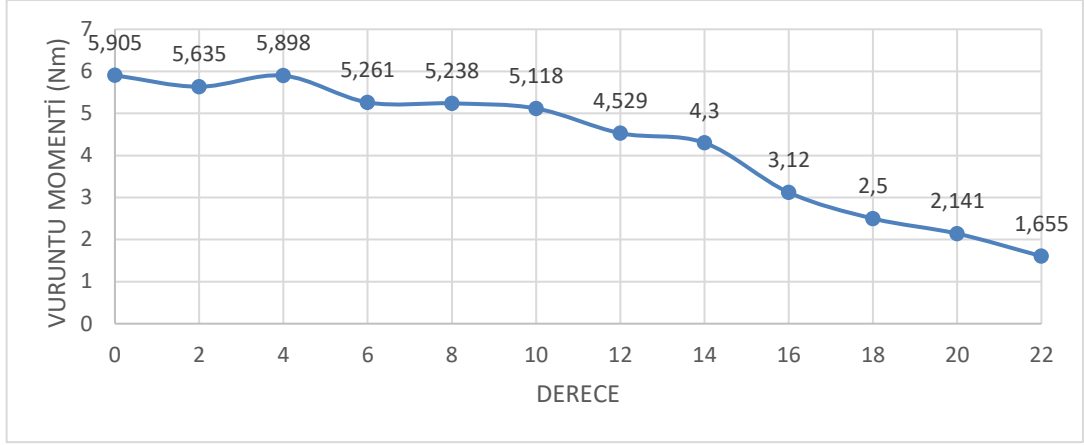
Şekil 4.199 : 6'lı gruplama çıkış gücü eğrisi.

Çizelge 4.78'da 6'lı gruplama da 0'dan 22 dereceye kadar generatörün 1d/dk ile döndürülmesi sonucunda elde edilen momentin maksimum, minimum değerleri ve bu değerlerde moment salınımı (Mv) değeri elde edilmiştir. Mv değerleri bize vuru mu momentini değerini vermektedir.

Çizelge 4.78 : 6'lı gruplama ile alınan vuru mu momenti deneysel sonuçları.

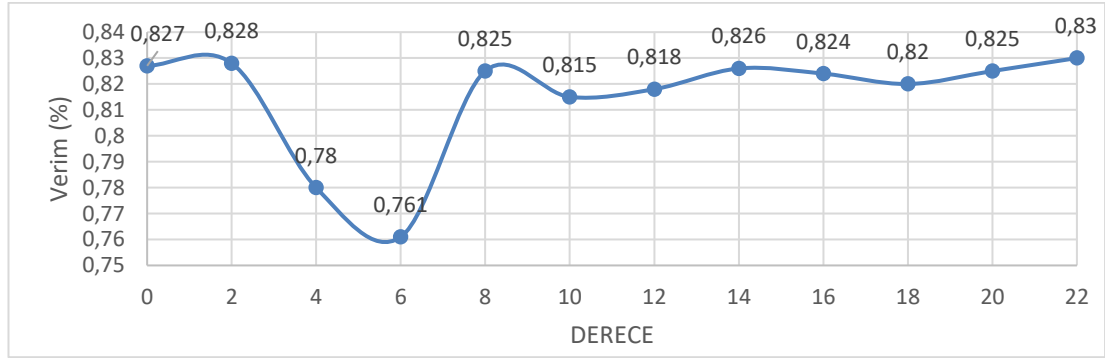
6'lı Gruplama Vuru mu Momenti Değerleri			
Derece	MAX	MIN	Mv
0	3,231	-2,674	5,905
2	3,152	-2,483	5,635
4	3,271	-2,627	5,898
6	2,595	-2,666	5,261
8	2,627	-2,611	5,238
10	2,945	-2,173	5,118
12	2,109	-2,42	4,529
14	2,03	-2,276	4,306
16	1,552	-1,568	3,12
18	1,569	-0,931	2,5
20	1,335	-0,868	2,203
22	0,748	-0,907	1,655

Şekil 4.200'de 6'lı mıknatıs gruplamasında 0'dan 22 dereceye kadar verilen mıknatıs yerleştirme açısı sonucunda derecelere bağlı olarak vuru mu momentinin değişim grafiği verilmiştir. Genel olarak mıknatıslara verilen yerleştirme açısı derecesi arttıkça vuru mu momentini değerinin azaldığı gözlenmektedir. Vuru mu momentinde %71,97 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.200 : 6'lı gruplama derecelere göre vuruñtu momentini değişimi.

Şekil 4.201'de 6'lı mıknatıs gruplamasında derecelere bağlı olarak makinenin 1. Yüñ kademesi baz alınarak alınan verim değerleri gösterilmektedir.



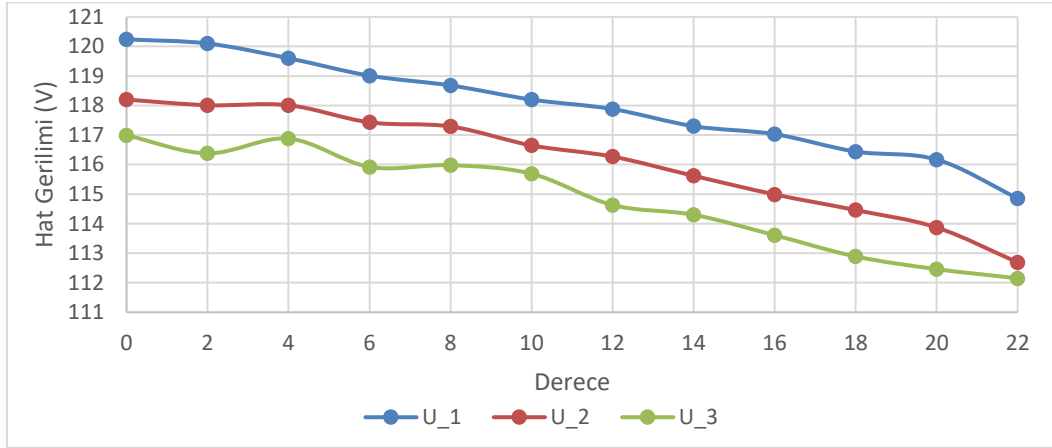
Şekil 4.201 : 6'lı gruplama derecelere göre verim değişimi.

6'lı mıknatıs gruplamasında mıknatıslara 0°'den 22°'ye kadar mıknatıs yerleştirme açısı verilmesiyle, 22°'nin 0°'ye göre alınan değerlerinde;

- Vuruñtu momentinde %71,97 oranında iyileşme,
- Gerilim harmoniğinde %37,5 oranında iyileşme,
- Akım harmoniğinde %40 oranında iyileşme,
- Çıkış gücünde %7,89 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

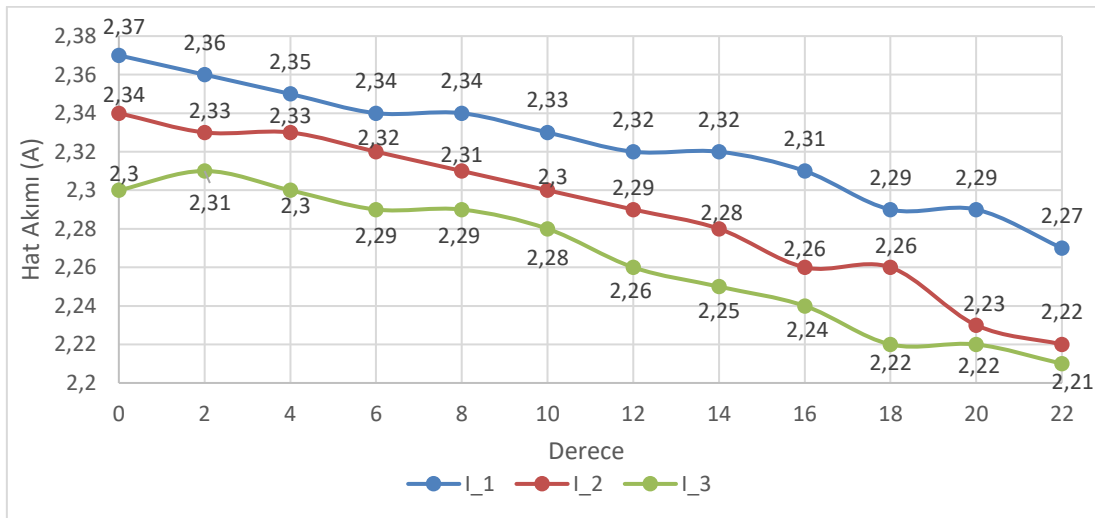
4.4. Gruplamalar Arası Genel Değerlendirme

2'li, 4'lü ve 6'lı mıknatıs gruplamasında tüm derecelerde 1. kademe yük altında alınan hat gerilimi, hat akımı, gerilim harmoniği, akım harmoniği, çıkış gücü ve vuru mu momenti değerleri ile gruplar arası kıyaslamalar yapılmıştır. Kıyaslamalara ilişkin grafiksel gösterimler oluşturulmuştur.



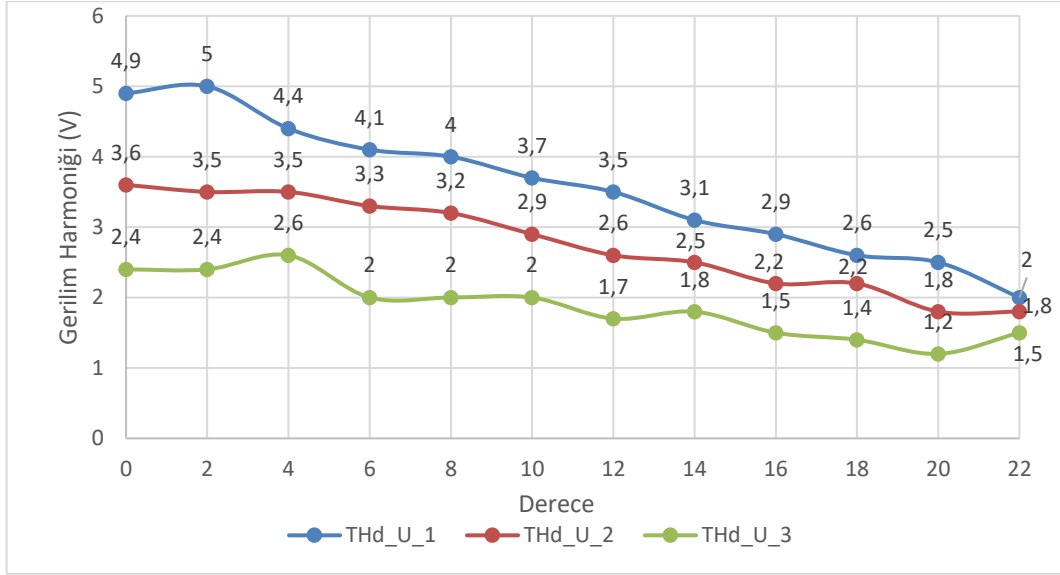
Şekil 4.202 : Tüm gruplama hat gerilimi kıyaslama grafiği.

Hat gerilimi şekil 4.202'de 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı tekniği uygulanmasıyla 2'li mıknatıs gruplamasında % 4,45, 4'lü mıknatıs gruplamasında %4,66 ve 6'lı mıknatıs gruplamasında %4,14 azalma göstermiştir. Hat geriliminde en fazla oranda azalma 4'lü mıknatıs gruplaması ile alınan deney sonuçlarından elde edilmiştir.



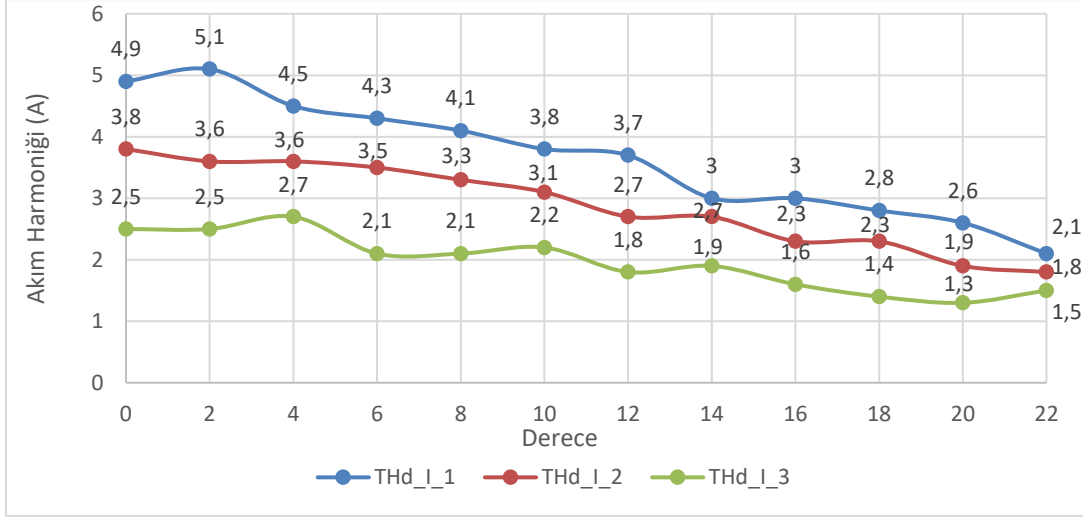
Şekil 4.203 : Tüm gruplama hat akımı kıyaslama grafiği.

Hat akımı şekil 4.203’de, 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı tekniği uygulanmasıyla 2’li mıknatıs gruplamasında % 4,22, 4’lü mıknatıs gruplamasında % 5,13 ve 6’lı mıknatıs gruplamasında % 3,91 düşüş göstermiştir. Hat akımında en fazla oranda düşüş 4’lü mıknatıs gruplaması ile alınan deney sonuçlarından elde edilmiştir.



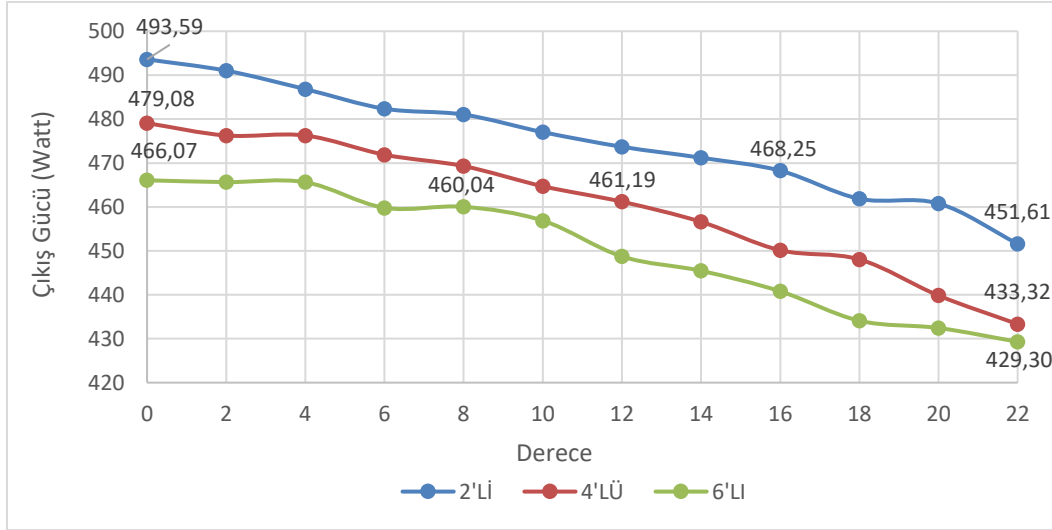
Şekil 4.204 : Tüm gruplama gerilim harmoniği kıyaslama grafiği.

Gerilim harmoniği şekil 4.204’de 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı tekniği uygulanmasıyla 2’li mıknatıs gruplamasında % 59,18, 4’lü mıknatıs gruplamasında % 50 ve 6’lı mıknatıs gruplamasında % 37,5 iyileşme olduğu görülmüştür. Gerilim harmoniğinde en fazla oranda iyileşme 2’li mıknatıs gruplaması ile alınan deney sonuçlarından elde edilmiştir. Mıknatıs gruplaması arttıkça gerilim harmoniğinde yaşanan iyileşme oranı azalmıştır.



Şekil 4.205 : Tüm grupta akım harmoniği kıyaslama grafiği.

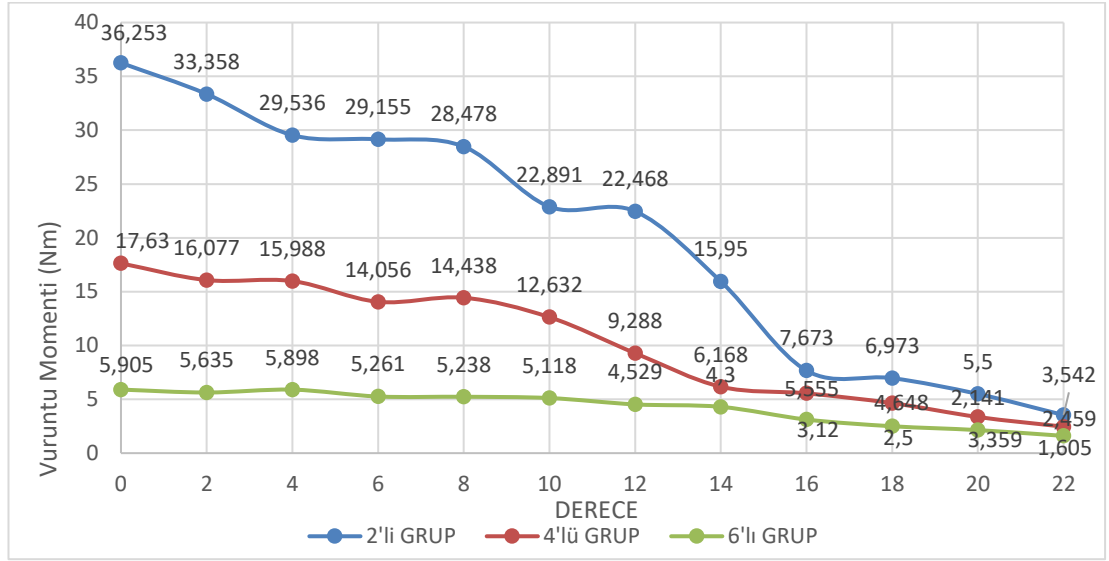
Akım harmoniği şekil 4.205’de 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı tekniği uygulanmasıyla 2’li mıknatıs gruplamasında % 57,14, 4’lü mıknatıs gruplamasında % 52,63 ve 6’lı mıknatıs gruplamasında % 40 iyileşme olduğu görülmüştür. Akım harmoniğinde en fazla oranda iyileşme 2’li mıknatıs gruplaması ile alınan deney sonuçlarından elde edilmiştir. Mıknatıs gruplaması arttıkça akım harmoniğinde yaşanan iyileşme oranı azalmıştır.



Şekil 4.206 : Tüm grupta çıkış gücü kıyaslama grafiği.

Çıkış gücünde 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısı tekniği uygulanmasıyla 2’li mıknatıs gruplamasında % 8,51, 4’lü mıknatıs gruplamasında % 9,55 ve 6’lı mıknatıs gruplamasında % 7,89 azalma olduğu görülmüştür. Çıkış gücünde en yüksek oranda azalma 4’lü mıknatıs gruplaması ile alınan deney

sonuçlarından elde edilmiştir. Grublama yapıldığında güç yoğunluğunun (Watt/cm^3) düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.207 : Tüm grublama vuru mu momenti kıyaslama grafiği.

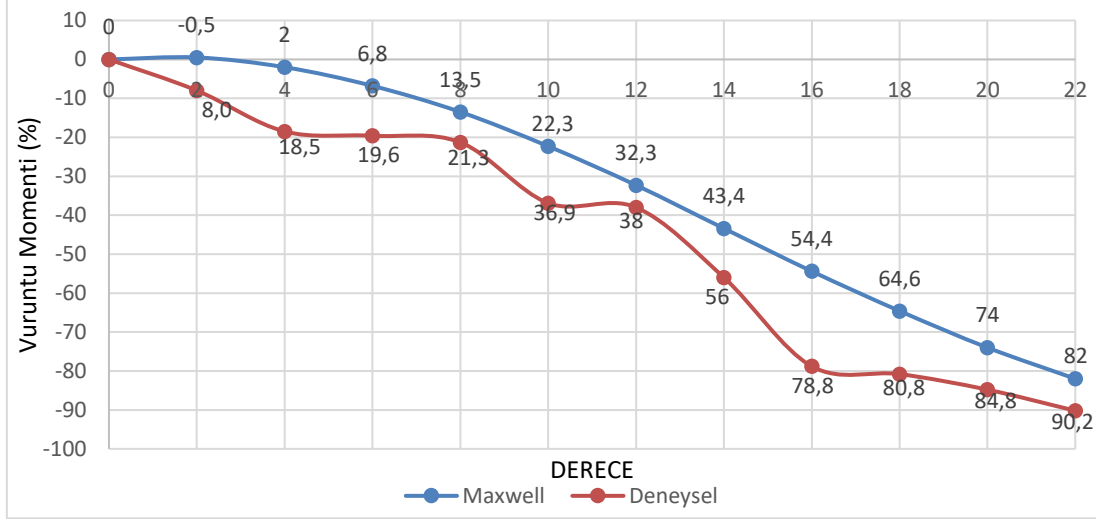
Vuruntu momenti Şekil 4.207’de 0 dereceden 22 dereceye kadar mıknatıs yerleştirme açısının değişimi tekniği uygulanmasıyla 2’li mıknatıs grublamasında % 90,32, 4’lü mıknatıs grublamasında % 86,05 ve 6’lı mıknatıs grublamasında % 71,97 iyileşme olduğu görülmüştür. Vuruntu momentinde en yüksek yüzdesel değişim 2’li mıknatıs grublaması ile alınan deney sonuçlarından elde edilmiştir. Fakat grublama yapıldıkça hem deneysel hem analiz sonuçlarından vuruntu momentinin değerinin azaldığı görülmektedir. Sadece grublama yapıldığı durumda başlangıçta vuruntu momenti 2, 4 ve 6’lı grublama için sırasıyla 36,253, 17,63 ve 5,90 Nm’dir. Bu durumda 4’l ve 6’lı grublama, 2’li grublama ya göre sırasıyla %51,38 ve %83,71’lik bir düzelme elde edilmektedir.

4.5. Vuruntu Momenti Açısından Manyetik Analiz ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Maxwell ile yapılan manyetik analizler ile elde edilen deneysel sonuçlar karşılaştırılarak istatistiki açıdan değerlerin doğruluğuna bakmak için korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

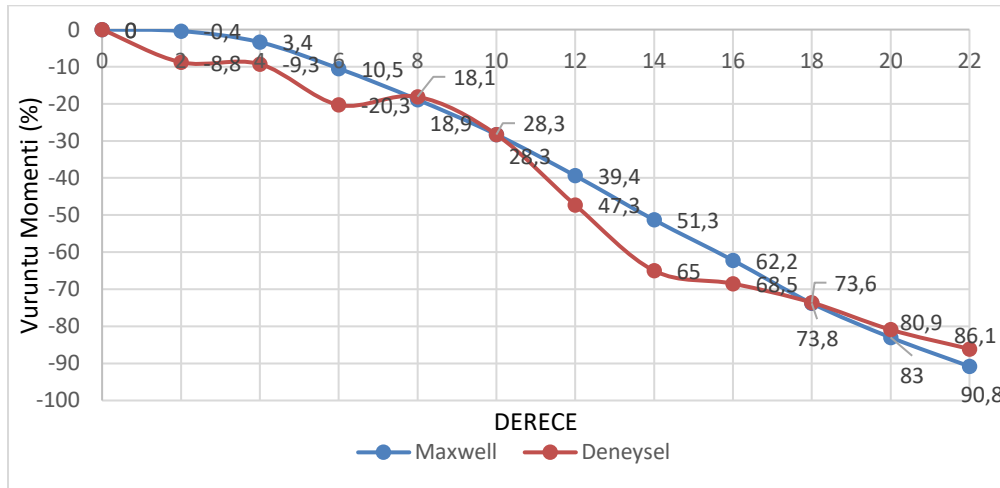
Şekil 4.208’de 2’li grublama için deneysel ve analiz sonuçları verilmiştir. elde edilen manyetik analiz sonuçları ile deneysel sonuçların istatistiki olarak korelasyon

katsayısına bakıldığında 0,982911 elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça anlamlılık düzeyi yükselmektedir. Dolayısıyla bu sonuca bakıldığında elde edilen değerlerin birbiriyle yüksek oranda ilişkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.208 : 2'li grupta Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması.

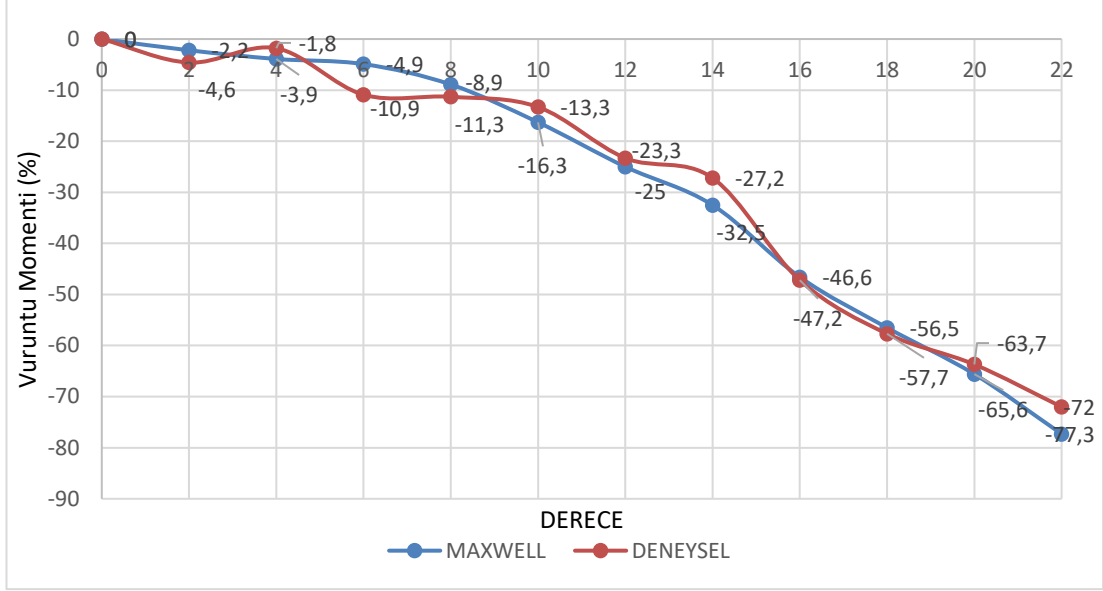
Şekil 4.209'da 4'lü grupta için deneysel ve analiz sonuçları verilmiştir. elde edilen manyetik analiz sonuçları ile deneysel sonuçların istatistiki olarak korelasyon katsayısına bakıldığında 0,98599 elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça anlamlılık düzeyi yükselmektedir. Dolayısıyla bu sonuca bakıldığında elde edilen değerlerin birbiriyle yüksek oranda ilişkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.209 : 4'lü grupta Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması.

Şekil 4.210'da 6'lü grupta için deneysel ve analiz sonuçları verilmiştir. elde edilen manyetik analiz sonuçları ile deneysel sonuçların istatistiki olarak korelasyon

katsayısına bakıldığında 0,99283 elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça anlamlılık düzeyi yükselmektedir. Dolayısıyla bu sonuca bakıldığında elde edilen değerlerin birbiriyle yüksek oranda ilişkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.210 : 6'lı gruplama Maxwell analizi ve deneysel sonuçların kıyaslanması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yenilenemez enerji kaynakları, gün geçtikçe olumsuz etkilerinin görülmesi ve bir gün tükenme ihtimalinin bulunması sebepleriyle yerini yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmaktadır. Böylelikle eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörler endüstriyel çalışma alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. EASM senkron generatörlerin mıknatıslı yapısı rotor ve stator arasındaki etkileşimle performans üzerinde olumsuz etkisi olan vuruğu momentini yaratmaktadır. Vuruğu momenti ile makine performansı arasında önemli bir ilişki mevcuttur. Bu nedenle eksenel akılı sürekli mıknatıslı generatörlerde vuruğu momentini hibrit bir yöntem uygulandığı bu çalışma ortaya konmuştur. Literatürde farklı moment azaltma tekniklerinin kullanımı, tek teknik uygulanması ile yapılan araştırmalar bulunurken burada mıknatıs açısı ve gruplama tekniklerinin birlikte tasarlanması çalışmanın farklılığını oluşturmaktadır.

Önerilen yöntemde mıknatıslar 2'li, 4'lü ve 6'lı şekilde her grup arasında 30 derecelik açı olacak şekilde gruplanmış ve her mıknatısa 0'den 22°'ye kadar kendi eksenini etrafında mıknatıs yerleştirme açısı verilmiştir. Önerilen yöntemde hem gruplama hem de mıknatıs yerleştirme açısının değiştirilmesine dayandığı için vuruğu momentini azaltmak için hibrit bir yöntem önerilmiştir. Elde edilen tasarımın hat akımı, hat gerilimi, akım harmoniği, gerilim harmoniği, çıkış gücü, verim ve vuruğu momentine ilişkin deneysel sonuçlar elde edilmiş ve 3D Maxwell Sonlu Elemanlar Yöntemi ile optimum vuruğu momenti analizi yapılmıştır.

Gruplama yapılmayan (0'lı grup) 0 derece mıknatıs yerleştirmesinden alınan deneysel sonuçlar; Vuruğu momenti 52,07 Nm, gerilim harmoniği %7,1, akım harmoniği %7,1, çıkış gücü $P_{ç} = 510,77$ Watt değerleri elde edilmiştir.

2'li gruplama yapıp mıknatıslara yerleştirilme açısı verilmediğinde vuruğu momentinde %30,83; 2'li gruplamada 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı verildiğinde %93,19 iyileşme olduğu görülmüştür. 4'lü mıknatıs gruplaması yapıldığında 0 derece mıknatıs yerleştirme açısında vuruğu momentinde % 66,14; 4'lü gruplamada 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı verildiğinde %95,27 iyileşme

olduğu görülmüştür. 6'lı mıknatıs gruplaması yapıldığında 0 derece mıknatıs yerleştirme açısında vuruuntu momentinde % 88,66; 4'lü gruplamada 22 derece mıknatıs yerleştirme açısı verildiğinde %96,91 iyileşme olduğu görülmüştür.

2'li 4'lü ve 6'lı gruplamada 22° mıknatıs yerleştirme açısı ile alınan sonuçlar, gruplama yapılmayan 0 dereceye göre kıyaslandığında;

2'li mıknatıs gruplamasında,

- Vuruuntu momentinde %93,19 oranında iyileşme, (52,07 – 3,542)
- Gerilim harmoniğinde % 71,83 oranında iyileşme, (%7,1 - 2)
- Akım harmoniğinde %70,42 oranında iyileşme, (%7,1 – 2,1)
- Çıkış gücünde %11,58 oranında azalma olduğu saptanmıştır.(510,77-451,61)

4'lü mıknatıs gruplamasında,

- Vuruuntu momentinde %95,27 oranında iyileşme, (52,07 – 2,459)
- Gerilim harmoniğinde %74,64 oranında iyileşme, (%7,1 - 1,8)
- Akım harmoniğinde %74,64 oranında iyileşme, (%7,1 – 1,8)
- Çıkış gücünde %15,16 oranında azalma olduğu saptanmıştır. (510,77-433,322)

6'lı mıknatıs gruplamasında,

- Vuruuntu momentinde %96,91 oranında iyileşme, (52,07 – 1,655)
- Gerilim harmoniğinde %78,87 oranında iyileşme, (%7,1 – 1,5)
- Akım harmoniğinde %78,87 oranında iyileşme, (%7,1 – 1,5)
- Çıkış gücünde %15,95 oranında azalma olduğu saptanmıştır.(510,77-429,30)

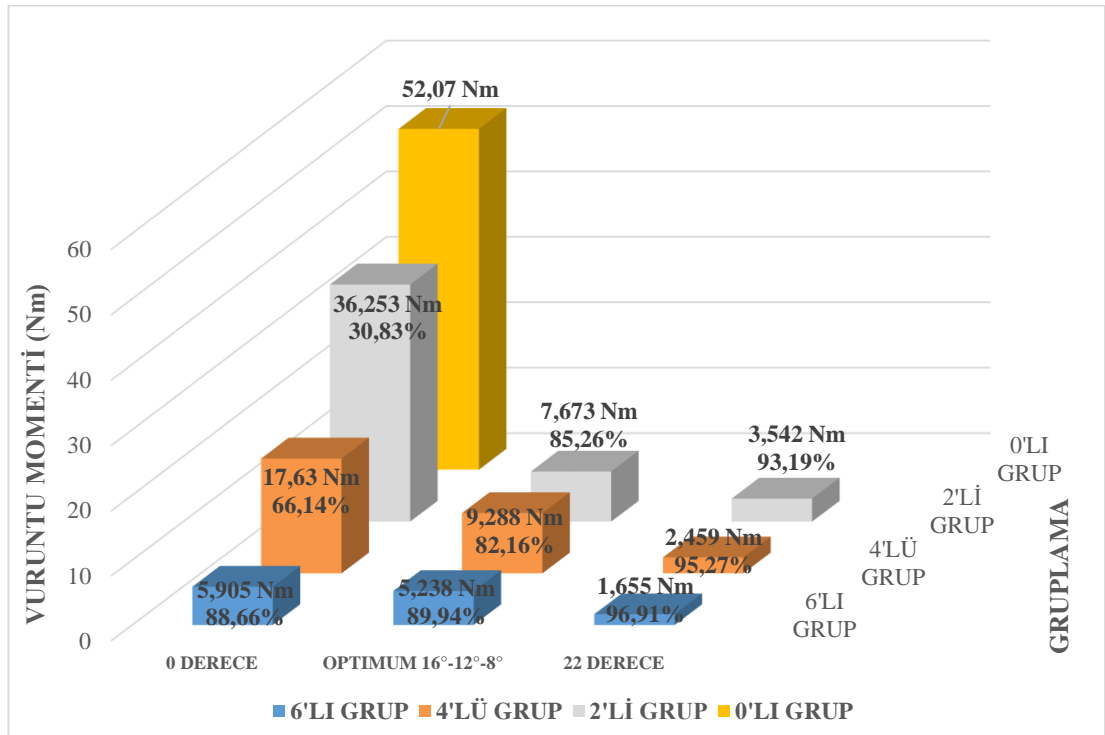
Elde edilen sonuçlar neticesinde; 2'li mıknatıs gruplamasında 16 derecede, 4'lü mıknatıs gruplamasında 12 derecede; 6'lı mıknatıs gruplamasında 8 derecede optimum değerler elde edildiği görülmüştür. 0'lı grup 0 derece mıknatıs yerleştirme açısına göre

karşılaştırıldığında; 2'li grupta 16 derece mıknatıs yerleştirme açısında çıkış gücünde %8,32 azalma görülmesine rağmen gerilim harmoniğinde %59,15, akım harmoniğinde %57,74 ve vuruğu momentinde %85,26 oranında iyileşme sağlanmıştır.

4'lü grupta 12 derece mıknatıs yerleştirme açısının, 0'lı grup 0 derece mıknatıs yerleştirme açısına göre; çıkış gücünde %9,71 azalma görülürken gerilim harmoniğinde %63,38, akım harmoniğinde %61,97 ve vuruğu momentinde %82,16 oranında iyileşme gözlenmiştir.

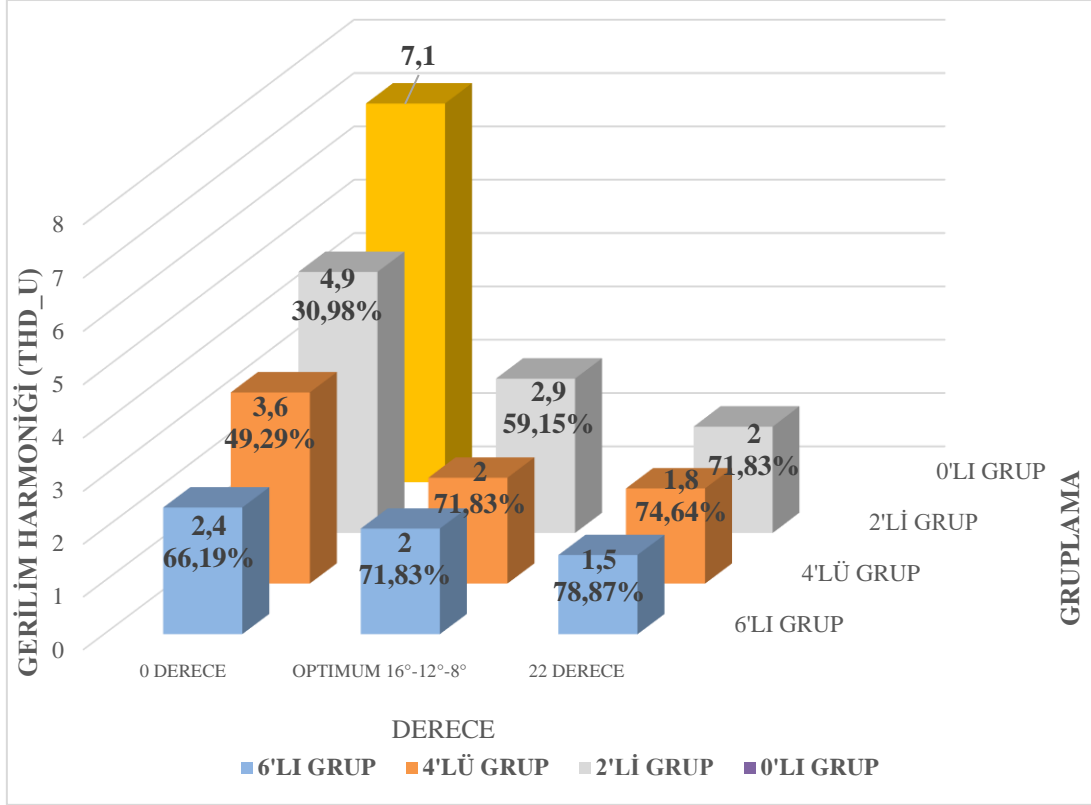
6'lı grup 8 derece mıknatıs yerleştirme açısının 0'lı grup 0 derece mıknatıs yerleştirme açısına göre; çıkış gücü %9,93 oranında azalmasına rağmen gerilim harmoniği %71,83, akım harmoniği %70,42 ve vuruğu momenti %89,94 oranda iyileşme sağlamıştır.

Şekil 5.1.'de grupta yapılmadan 0 derece mıknatıs yerleştirme açısının vuruğu momenti değerinin sırasıyla 2'li grup 0°-16°-22° ; 4'lü grup 0°-12°-22° ve 6'lı grup 0°-8°-22° mıknatıs açısının vuruğu momenti değerlerine göre yüzdelik değişimleri grafik olarak verilmiştir.



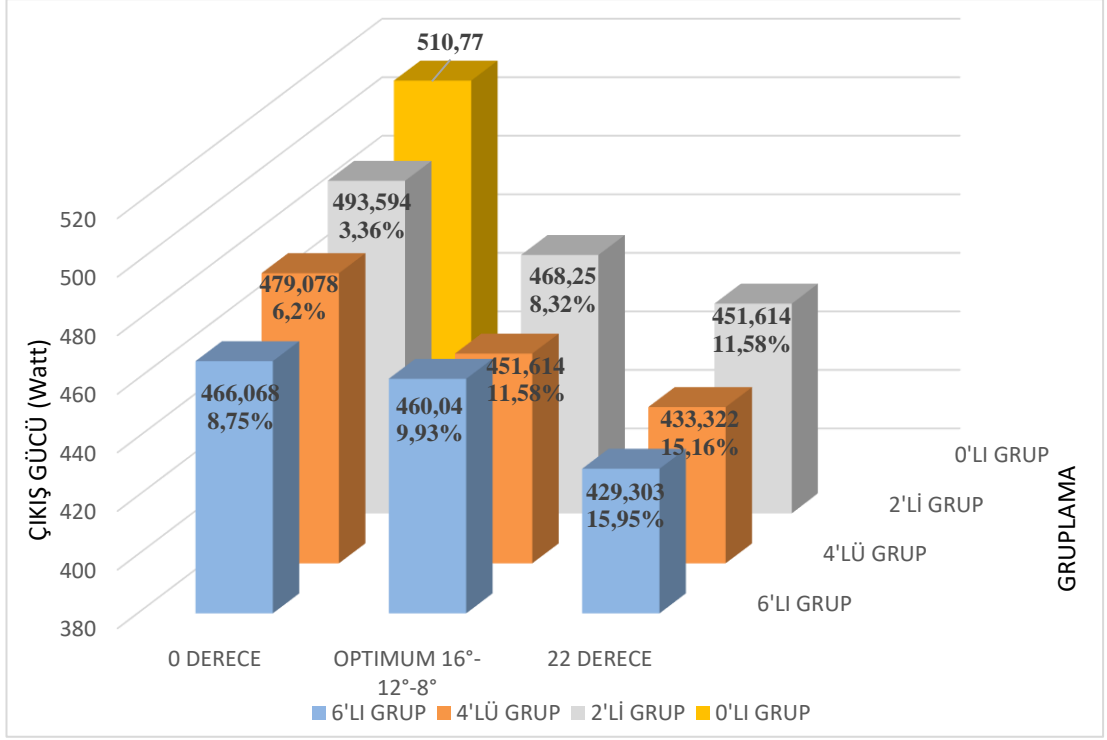
Şekil 5.1 : 0'lı grup 0 dereceye göre vuruğu momenti kıyaslama.

Şekil 5.2.'de gruplama yapılmadan 0 derece mıknatıs yerleştirme açısının gerilim harmoniği (THd_U) değerinin sırasıyla 2'li grup 0°-16°-22° ; 4'lü grup 0°-12°-22° ve 6'lı grup 0°-8°-22° mıknatıs açısının THd_U değerlerine göre yüzdelik değişimleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.2 : 0'lı grup 0 dereceye göre THd_U kıyaslama.

Şekil 5.3.'de gruplama yapılmadan 0 derece mıknatıs yerleştirme açısının çıkış gücü değerinin sırasıyla 2'li grup 0°-16°-22° ; 4'lü grup 0°-12°-22° ve 6'lı grup 0°-8°-22° mıknatıs açısının çıkış gücü değerlerine göre yüzdelik değişimleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.3 : 0'lı grup 0 dereceye göre çıkış gücü kıyaslama.

2'li grup için 16 derecede optimum değerler görülürken mıknatis gruplaması arttıkça mıknatis yerleştirme açısı derecesinin azalarak optimum değerlerin elde edildiği görülmüştür. Optimum değerlere ulaşmada mıknatis gruplama sayısındaki 2 grup artışının mıknatis yerleştirme açısında 4 derece azalma yarattığı saptanmıştır. Bu durum gruplama sayısının elde edilen optimum açı değeri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Mıknatis gruplama sayısı ve mıknatis yerleştirme açısı derecesi arttıkça generatörün performansında iyileşme görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda mıknatislerin geometrik şekilleri değiştirilerek benzer çalışmanın tekrarlanması, farklı mıknatis gruplamaları ile mıknatis yerleştirme açıları arasındaki ilişkinin ve generatörün performansı üzerine etkisinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Adam, A.** (2007). *Sabit mıknatıslı senkron motorda moment dalgalanması ve gürültünün azaltılması* (doktora tezi). Adres:
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=ePX_SaJ0b35Gq45swKG31CzXRiNAQtj5E00vJv1M2wEeBqXRAvfZzEYQAv8vftKO
- Ahmed, D. Ahmad, A.** (2013). An optimal design of coreless direct-drive axial flux permanent magnet generator for wind turbine, *6th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-6)*.
- Aksöz, A.** (2018). *Vuruntu torku azaltılmış şebeke bağlantılı üç faz sabit mıknatıslı senkron motor sürücüsü tasarımı ve denetimi* (doktora tezi). Adres:
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=hcgrYffRbz0Z44UJEuLtwQFhd_uVHl-xqf97agacI5yQlszqAr-NpDBQ0t913I62
- Ashraf, M. M., Nadeem Malik T.** (2017). Design of a three-phase multistage axial flux permanent magnet generator for wind turbine applications. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, Cilt.25, Sf.520-538
- Ayçiçek, E.** (2012). *Vuruntu momenti azaltılmış eksenel akılı sürekli mıknatıslı senkron motor tasarımı* (doktora tezi). Adres:
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=RYan9_S-Z7Eir3xdWGXBiOGoAmH2eVG8Q82uuk5hgg1xSn703xy1uhcPZR0qrSUX
- Ayçiçek, E., Bekiroğlu, N., Şenol, İ.** (2012). Eksenel akılı sürekli mıknatıslı motorlarda açık oluk yapısı kullanarak minimum vuruntu momenti için rotor yapısının optimizasyonu. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 30, Sf.392-401.
- Aydın, M.** (2007). Eksenel akılı sürekli mıknatıslı elektrik motorlarında vuruntu moment minimizasyonu, *12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi ve Fuarı*, 14-18 Kasım, Eskişehir, Türkiye.
- Aydın, M.** (2008). Sabit mıknatıslı disk motorlarda mıknatıs yerleştirme açısı etkisi, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı*, 26-30 Kasım, Bursa, Türkiye, EMO Yayın SK/2008/6TK, Sf. 204-210. Alındığı tarih: 19.09.2019, adres:
http://www.emo.org.tr/ekler/e5aa84dca079733_ek.pdf
- Aydın, M., Ocak, O., Çırpanlı Albaş, G.** (2012). Kalıcı mıknatıslı senkron motorların doğrudan sürüşlü beyaz eşya uygulamalarında kullanımı. *EMO Bilimsel Dergi*, Cilt.2, Sayı.3, Sf.7-11.

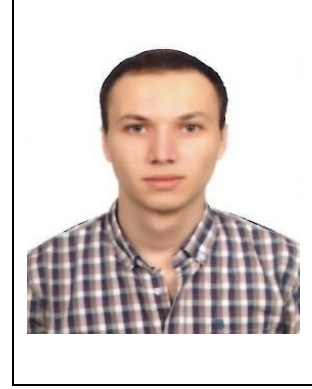
- Bayraktar, Ş.** (2015). *Farklı kesme yöntemleri ile üretilen silisli sac paketlerinin elektrik makinalarının performansı üzerine etkisi* (doktora tezi). Adres:
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=WY5CM7tPNE2z_YM6pBu0t_duemJFw7nyxe-A-FtRsgIn9olDhhtaXMGRX3nYe7nP
- Chapman, S. J.** (2013). *Elektrik Makinelerinin Temelleri* (4th ed.). Çev. Akın E., Orhan, A. Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- Çelikdemir, S., Özdemir, M.** (2013). Sürekli mıknatıslı senkron generatörlü rüzgar santrali benzetimi, *5.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 23-24 Mayıs, Kocaeli, Türkiye, Sf.108-112.
- Çetin, E., Daldaban, F.** (2014). Otomotiv uygulamalarında kullanılacak eksenel akılı sürekli mıknatıslı blcd motor tasarım modeli, *7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, 26-27 Mayıs, Bursa, Türkiye.
- Çetin, E., Daldaban, F.** (2017). Eksenel akılı motorlarda oluk açıklıklarındaki hatanın moment üzerine etkisi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt.4, Sayı.3, 374381.
- Çetin, E., Daldaban, F.** (2018). Yüzey mıknatıslı eksenel akılı motorlarda rotor mıknatıslarına adım ve kayma uygulanarak moment dalgalanmasının azaltılması. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt.5, Sayı.1, Sf. 56-64.
- Çolak, Y.** (2019). *Eksenel akılı sabit mıknatıslı açık oluklu senkron (EASMAOS) alternatörlerde mıknatıs gruplama tekniğinin uygulanması* (yüksek lisans tezi). Adres:
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=FgmkGchPKo23qQqBeqzVZv20DpnINjbn7FdeDSe5HgOTu71TXIvls-Ci9Xrg4mN5>
- Demirbaş, Ş., Irmak, E., Bayhan, S., Çolak, I.** (2008). Mikrodenetleyici ile rotoru sargılı Asenkron motor rotor direncinin değiştirilerek tork ve hız kontrolü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt.23, Sayı.4, Sf.801-809.
- Eldoromi, M., Tohidi, S., Feyzi, M. R., Rostami, N., Emadifar, R.** (2018). Improved design of axial flux permanent magnet generator for small-scale wind turbine, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences* (2018), Cilt.26, Sf.3084 – 3099
- El Sayed, A.** (2017). *Minimizing cogging torque in permanent magnet alternators* (yüksek lisans tezi). Adres:
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=DPTyuy3wRPq_qvCPSqUB69tLHAX1-gHDqNNP0qPGfOHI4SvvcfTRp9bkAtOy1OCD1
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., Umans, S. D.** (2003). *Electric Machinery* (6th ed.). R. R. Donnelley & Sons Company/Crawfordsville, IN.

- Hüner, E.** (2018). Düşük çözünürlüklü aksel akılı sürekli mıknatıslı step motorun manyetik analizi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, Cilt.7, Sayı.3, Sf.77-84.
- Hüner, E., Aküner, C.** (2009). Aksel akılı motorlarda uygulanan kontrol yöntemlerine ilişkin bir inceleme, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, Karabük, Türkiye.
- Kılıç, F., Kuyumcu, F. E.** (2014). Deniz araçlarında kullanılan sürekli mıknatıslı senkron motor ve sürücülerinde kayıpların azaltılması. *Journal of ETA Maritime Science*, Cilt.2, Sayı.2, Sf.119-130.
- Koca, Y. B., Ünsal, A.** (2017). Asenkron motorların elektriksel ve mekaniksel arızalarının değerlendirilmesi. *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, Cilt.7, Sayı.2, Sf.37-46.
- Kurt, Ü., Önbilgin, G.** (2009). Design and optimization of axial flux permanent magnet synchronous machines using taguchi approach, *6th International Conference On Electrical and Electronics Engineering Papers*, 5-8 Kasım, Bursa, Türkiye, Sf.1202-205. Alındığı tarih: 19.09.2019, adres: http://www.emo.org.tr/ekler/a93b68baf01d29f_ek.pdf
- Lee, G. C., Jung, T. U.** (2013). Design of dual structural axial flux permanent magnet generator for small wind turbine. *IEEE 2013 Tencon*, Sf.90-94.
- Öksüztepe, E., Kürüm, H.** (2009). Sabit mıknatıslı senkron motorun moment dalgalanmalarının sonlu elemanlar yöntemi ile oluşturulan akı modelinin kullanılmasıyla azaltılması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt.25, Sayı.1-2, Sf.120-133.
- Prasetijo, H., Winasis, W., Prisantoro, P., Hermawan, D.** (2019). Design of a single-phase radial flux permanent magnet generator with variation of the stator diameter. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, Cilt.81, Sayı.4, Sf.75-86.
- Sakarya, H.** (2009). *Sürekli mıknatıslı senkron motorlar için alan yönlendirmeli sürücü düzeni tasarımı ve uygulaması* (yüksek lisans tezi). Adres: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVIqqBuz1VkysVpueogAWylCUDFPy_T91P0rwS6_ptZ6ibx4slZWfmI4dZIN20Z
- Şenlik, I., Önbilgin, G., Copcuoğlu, O.** (2011). Kütle rotorlu asenkron motorun elektromagnetik alan incelemesi ve başarımlı özellikleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt.26, Sayı.2, Sf.447-454.
- Tran, X. M., Nguyen, N. H., Duong, Q. T.** (2017). Control design for axial flux permanent magnet synchronous motor which operates above the nominal speed. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, Vol.2, No.3, Sf.153-159.
- Ünsal, A., Karakaya, O.** (2015). Asenkron motor rotor arızalarının tespiti. *Dumlupınar Üniversitesi FBE Dergisi*, Cilt.34, Sf.69-86.
- Üstünel, M.** (2012). *Elektrik Makinaları ve Laboratuvarı* MEB Yayınları Sf.126-190

You, Y. M., Hwang, K., Kwon, B. (2010). Optimal design of distributed winding axial flux permanent magnet synchronous generator for wind turbine systems. *Digests of the 2010 14th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation. Kore.*

Zeka, G. (2016). *Eksenel akılı sabit mıknatıslı alternatörlerde kutup açısının makine performansına etkisinin incelenmesi* (yüksek lisans tezi).
Adres:
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=cbOXH84ZayrLjc0tI-QXKqztE12sJf1xWp1FePaAXKp8vsyZ9rqIZ7D7JXKVbYKM>

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Aykan MUTLU

Doğum Yeri ve Tarihi : 30.08.1994

E-Posta : aykanmutlu22@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Kanal D, Elektrik Elektronik Mühendisi (2017-Halen)

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Piezo Elektrik İle Temiz Enerji Elde Edilmesi ve Metrolarda Aydınlatılmanın Sağlanması (2017).
- Ofislerde Aydınlatma Kontrol Sisteminin Enerji ve Çevre Performanslarının Değerlendirilmesi (2017).