

MANYETİK KONTROLLÜ ŞÖNT REAKTÖRÜN SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

HAZIRLAYANLAR ;

İsmet KAYMAZ (ASTOR ENERJİ)

Mehmet BAYRAK (SAKARYA ÜNİVERSİTESİ)

Semih TURSUN (ASTOR ENERJİ)



SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ



Sunum İçeriği

- Amaç
- Manyetik Kontrollü Reaktör
- Sonlu elemanlar yöntemiyle modelleme
- Simülasyon alışmaları
- Sonuç

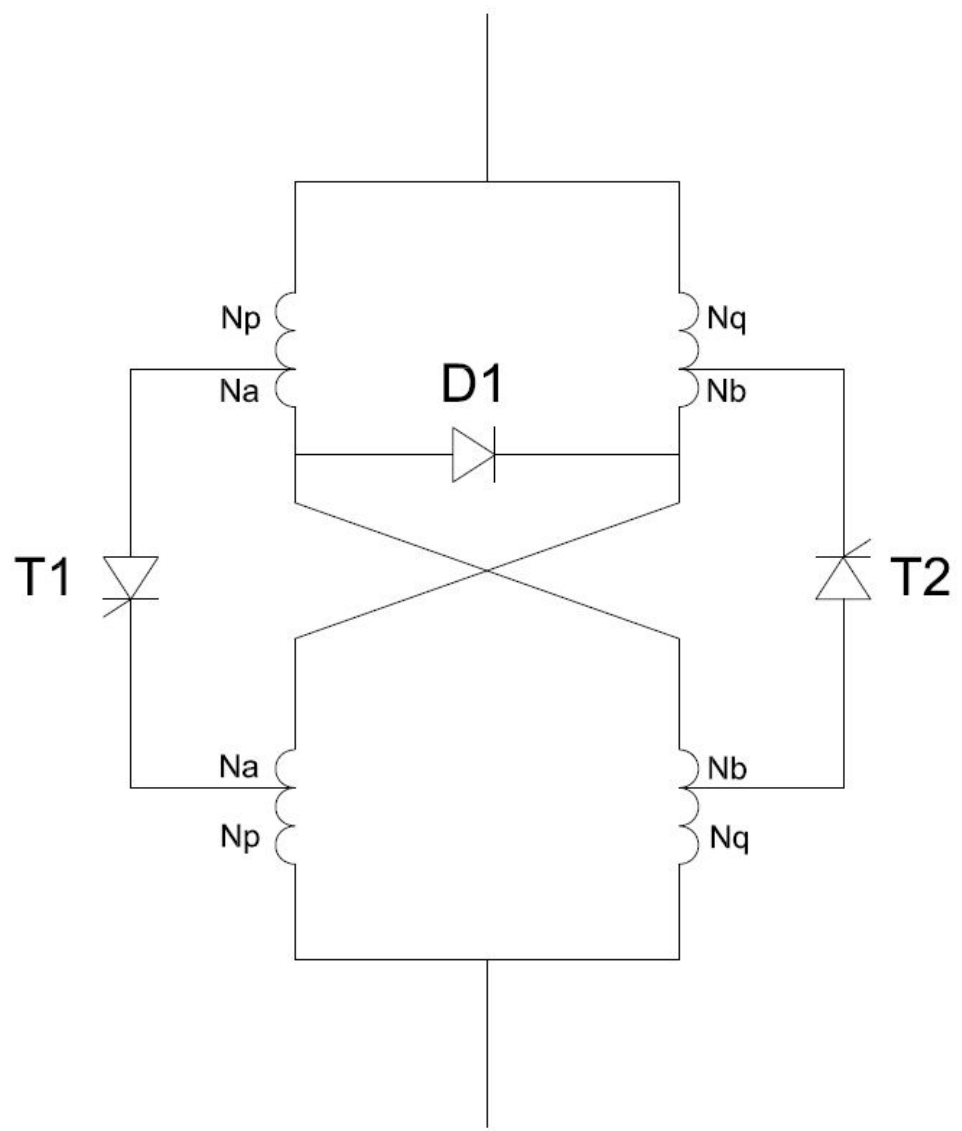
1.Amaç

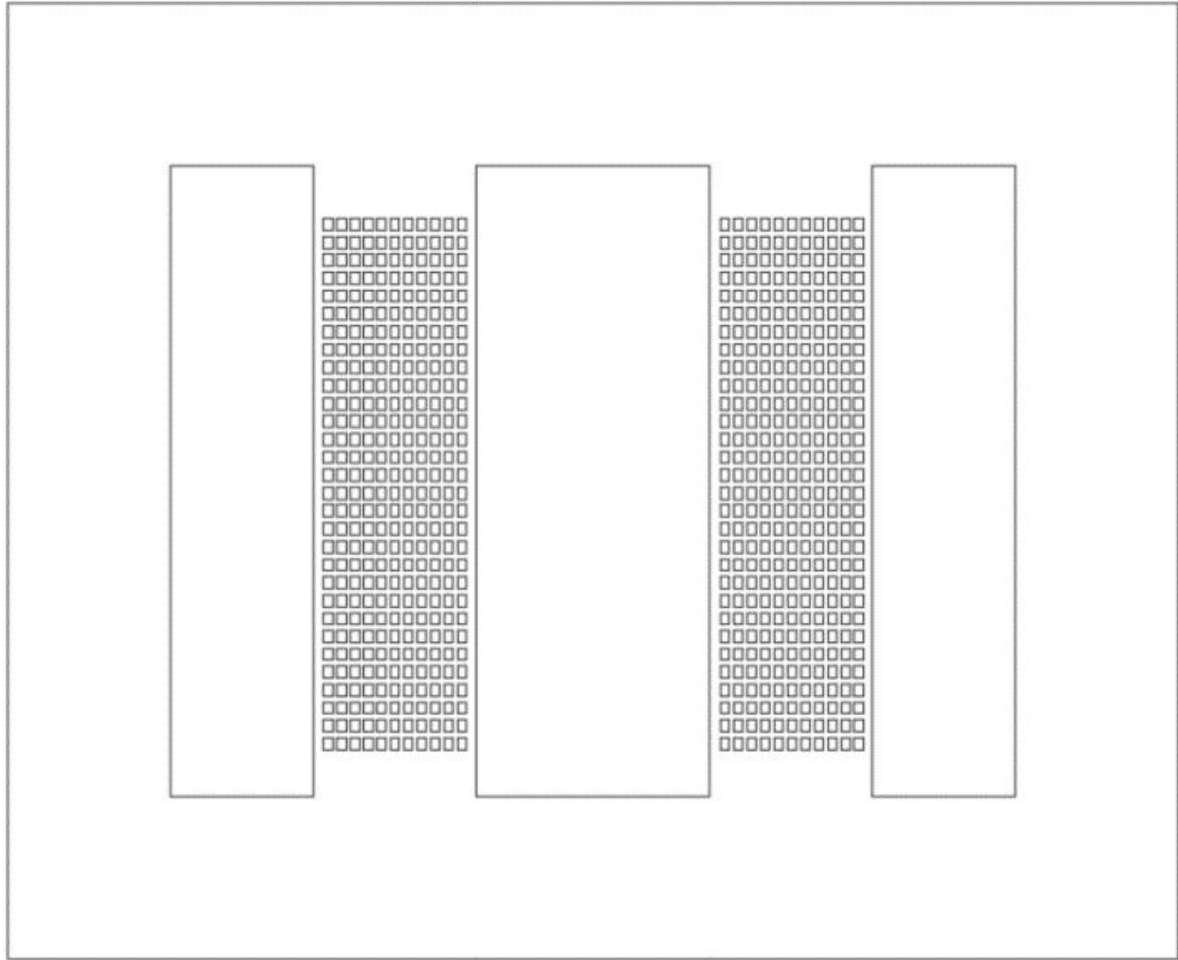
- **Teknolojide meydana gelen gelişmeler ve bu teknolojik ürünlere artan talep nedeniyle enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu enerji artışını karşılamak için şebekelerin doğru bir şekilde koordine edilmesi ve planlanması gerekmektedir.**
- **Güç sistemlerinde yükün azalmasıyla kapasitif etki artar ve bu kapasitif etki reaktif güç üretimine neden olur. Bu üretilen reaktif güç hattın iletilen aktif güç değerini kısıtlamakta ve hat kapasitesinin tam kullanılmasını engellemektedir.**
- **Bu etkinin ortadan kaldırılması ve hat kapasitesinin efektif kullanılması için farklı yöntemler mevcuttur. Ancak Manyetik Kontrollü Reaktör ayarlanabilir kapasitesiyle reaktif güç dengesini gerçekleştirebilecek en uygun çözümlerden biridir.**
- **Bu çalışmada Manyetik Kontrollü Şönt Reaktörün çalışma yapısı açıklanacak ve FEM analizi gerçekleştirilecektir.**

2. Manyetik Kontrollü Reaktör

- ❑ **MCSR (Manyetik Kontrollü Şönt Reaktör) düşük harmonik seviyesi ve ayarlanabilir kapasitesiyle ön plana çıkmaktadır.**
- ❑ **Harmonik yüzdesi reaktör yüklenmesine bağlı olarak değişir.**
- ❑ **TCR'lere kıyasla maliyeti daha düşüktür ve yüksek gerilim hatlarına direkt olarak bağlanabilir.**
- ❑ **MCSR'lerde kullanılan güç elektroniği elemanlarının boyutları TCR'lerde kullanılan güç elektroniği elemanlarına göre daha küçüktür. Ayar için kullanılan tristörler reaktör sargıları arasına bağlanır.**
- ❑ **MCSR tek fazlı olarak kullanıldığında petersen bobinin bir alternatifidir. Petersen bobini ark bastırma bobini olarak da adlandırılır ve MCSR'nin başlıca avantajı dinamik olarak hareketli parçasının bulunmamasıdır.**

- **Tristör kontrollü reaktörün yanı sıra tristör kontrollü seri kondansatöre, statik VAr kompensatör ve statik senkron kompensatör ile rekabet etmektedir.**
- **MCSR kapasitörlerle paralel çalışarak , kapasitörlerin anahtarlanmasından kaynaklı dezavantajları ortadan kaldırabilir.**
- **Nüve tasarımı , kayıplar ve endüktans üzerinde etkilidir. Nüve bacak yapısı tek aşamalı , çok aşamalı ve dağıtılmış şekilde yapılabilir. Çalışmamızda çok aşamalı yapı kullanılmıştır.**
- **Reaktör nüvesi klasik transformatör nüvesine benzerdir ve iki simetrik transformatörden oluşur.**
- **Bacaklarda hatta bağlanan hat sargıları ve kontrol sargıları mevcut olup , bu sargılar da nüvede olduğu gibi simetrik yapıya sahiptir.**





□ Bacaklarda oluşan akı şiddeti ve akı yoğunluğu aşağıda verilmiştir.

	(1)
	(2)
	(3)
	(4)

3. Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modelleme

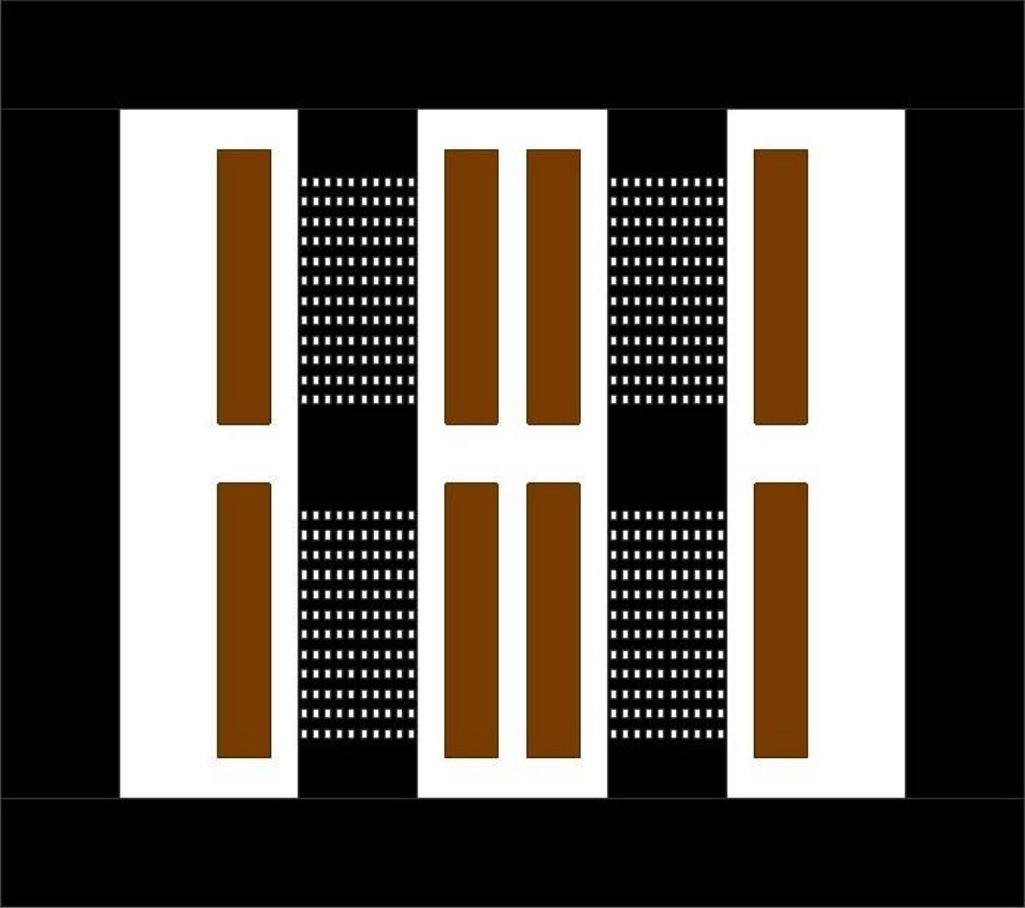
- ❑ Çalışmamızda reaktörü modellemek için Ansys-Maxwell yazılımı kullanılmıştır.
- ❑ Ansys-Maxwell programı sonlu elemanlar yöntemi kullanarak çözümü gerçekleştirir.
- ❑ Karmaşık bir problemi bu tür yazılımları kullanarak çözmek analitik çözümlere kıyasla daha kolaydır.
- ❑ Program önce yapıyı belirli sayıda parçaya ayırır sonrasında ise bu parçalarda çözüm yapar, elde edilen çözümleri birbirine entegre ederek nihai sonuca ulaşılır.
- ❑ Elektromanyetik tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

- **Çözömlenen model üzerinde temel alan ifadeleri elde edilir ve enerji hesabı için eşitlik 5 kullanılır.**

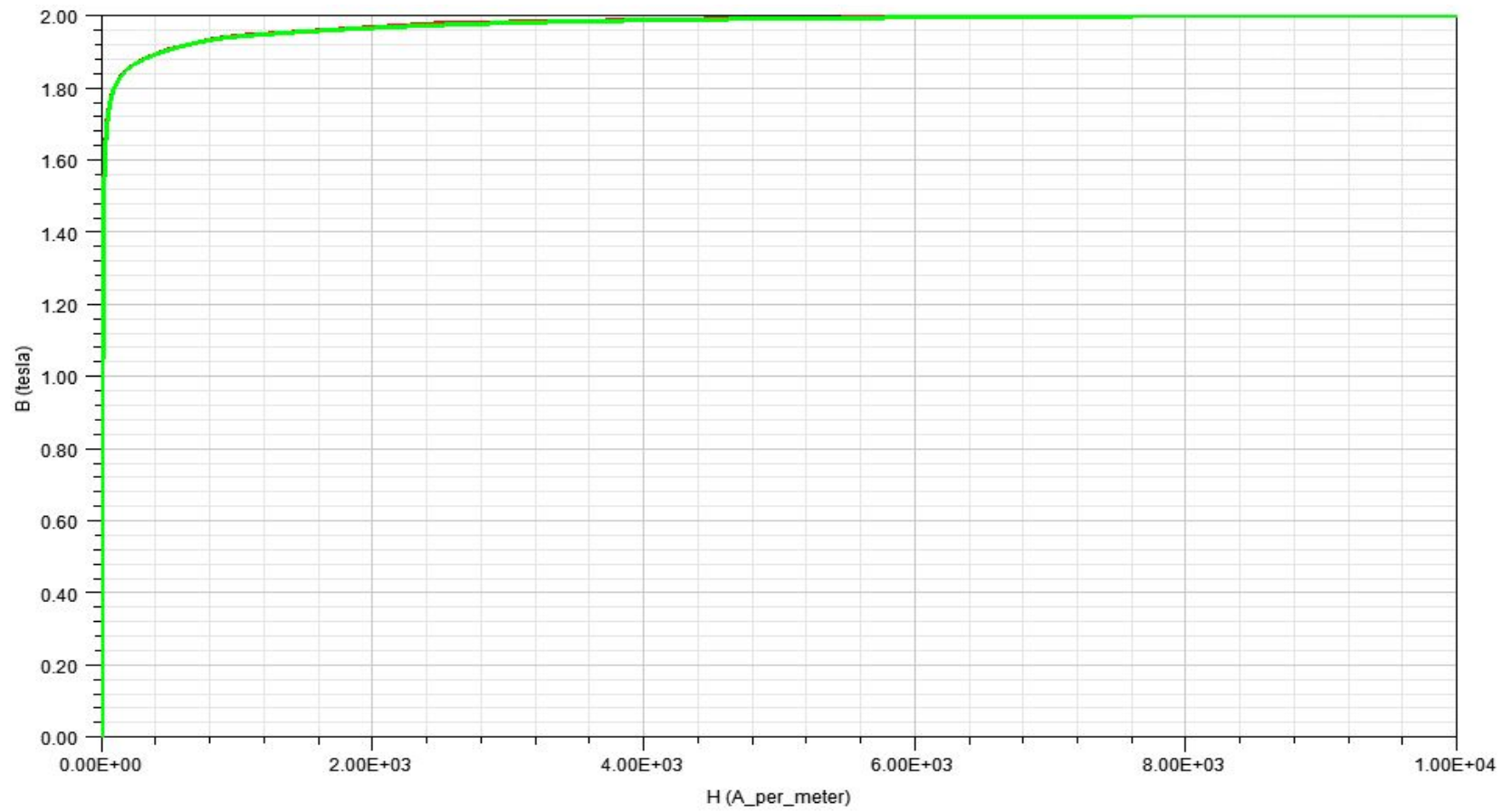
(5)

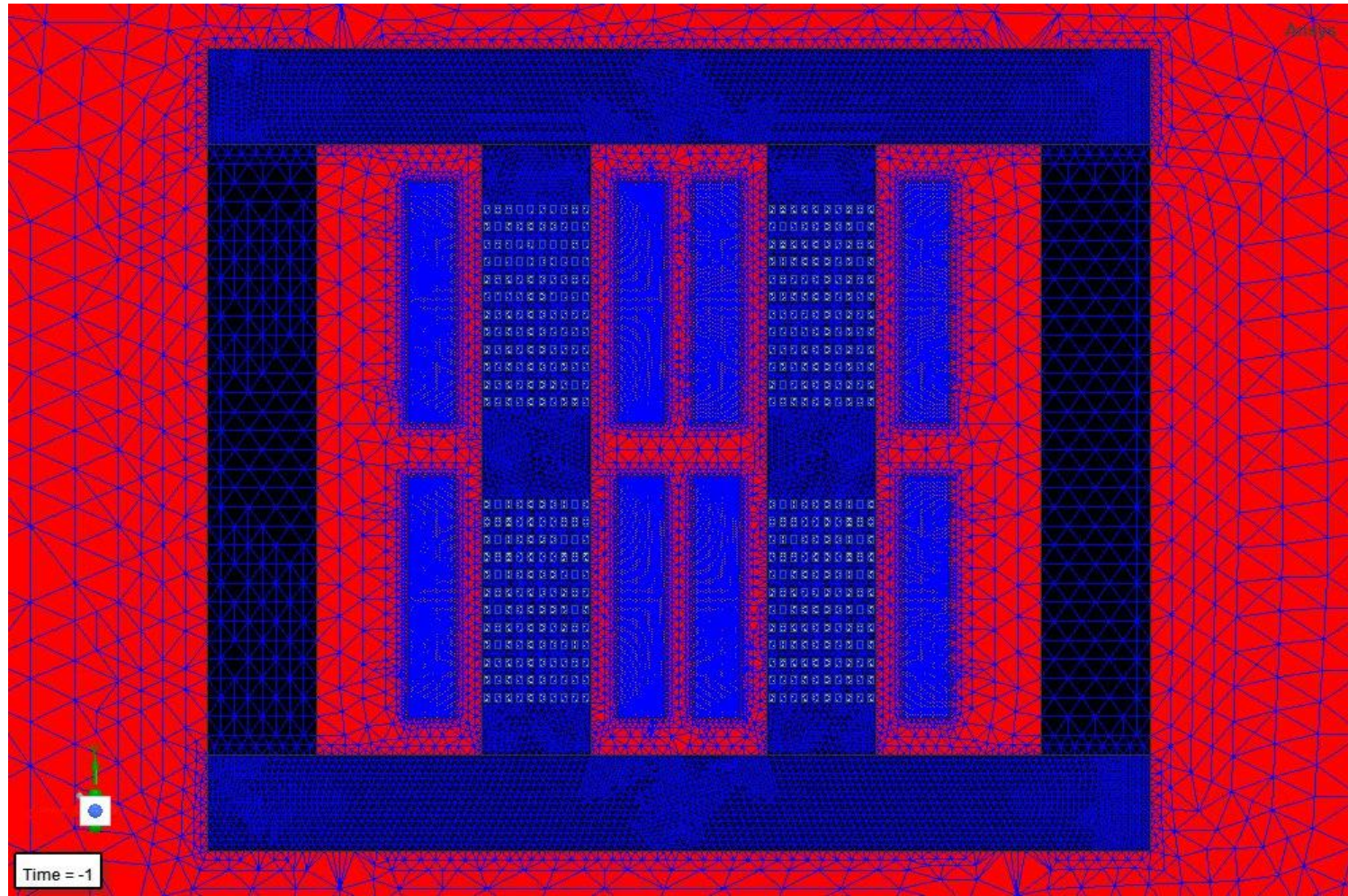
- **Elde edilen enerji endüktans hesabı için kullanılır ve eşitlik 6'da verilmiştir.**

(6)



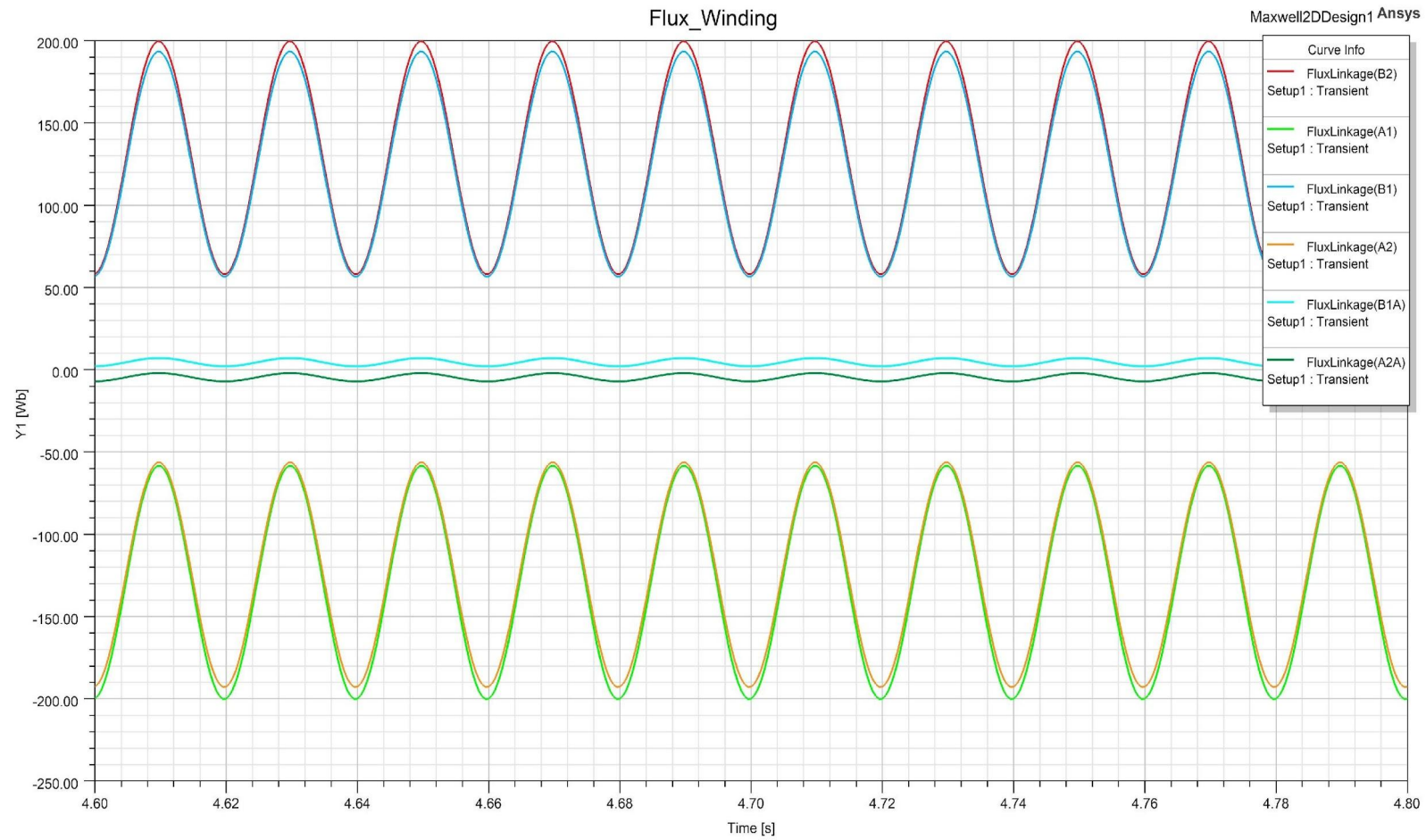
- **Tasarımı yapılan reaktörün gücü 2000 kVAr , gerilimi 31,5 kV , endüktans aralığı ise 4,737-94,76 H aralığındadır. Siyah renk ile gösterilen ana kısımlar ise reaktörün çekirdeğidir. Sargılar çekirdek üzerine sarılmış ve modelin yaklaşık bir faz eşdeğeri gösterilmiştir.**
- **Sargı malzemesi olarak alüminyum sargı kullanılmıştır. Demir çekirdek ise silisli sac olarak atanmıştır.**
- **Gerekli enerjiyi toplamak için hava aralıkları modele eklenmiştir.**



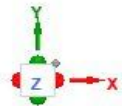
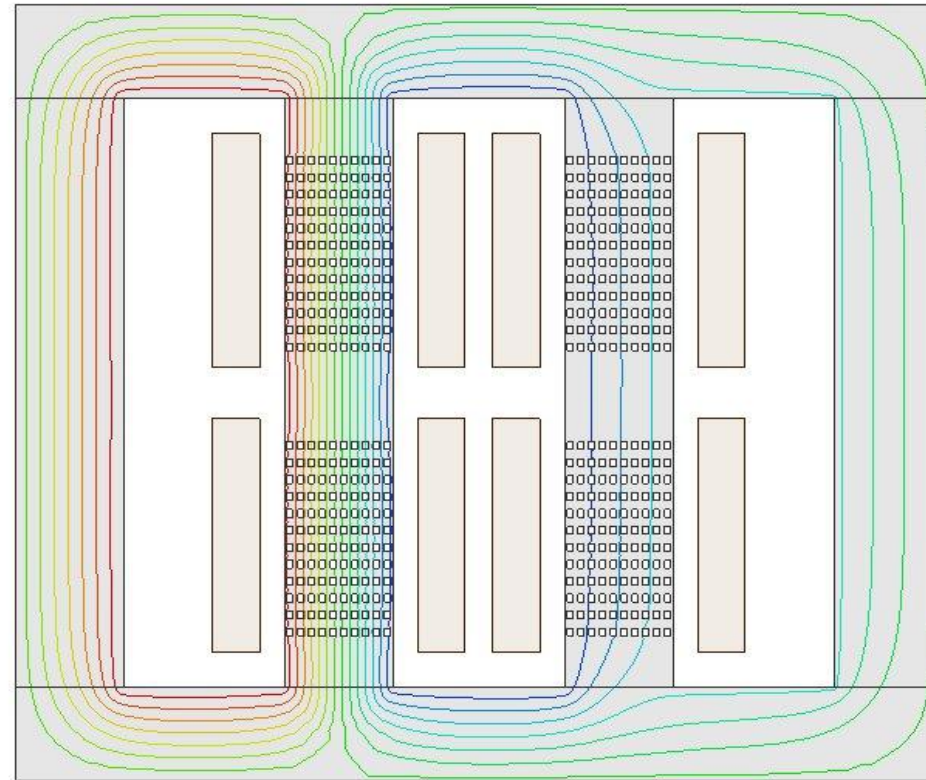
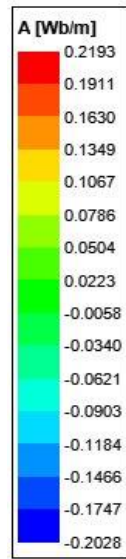


4. Simülasyon Çalışmaları

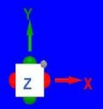
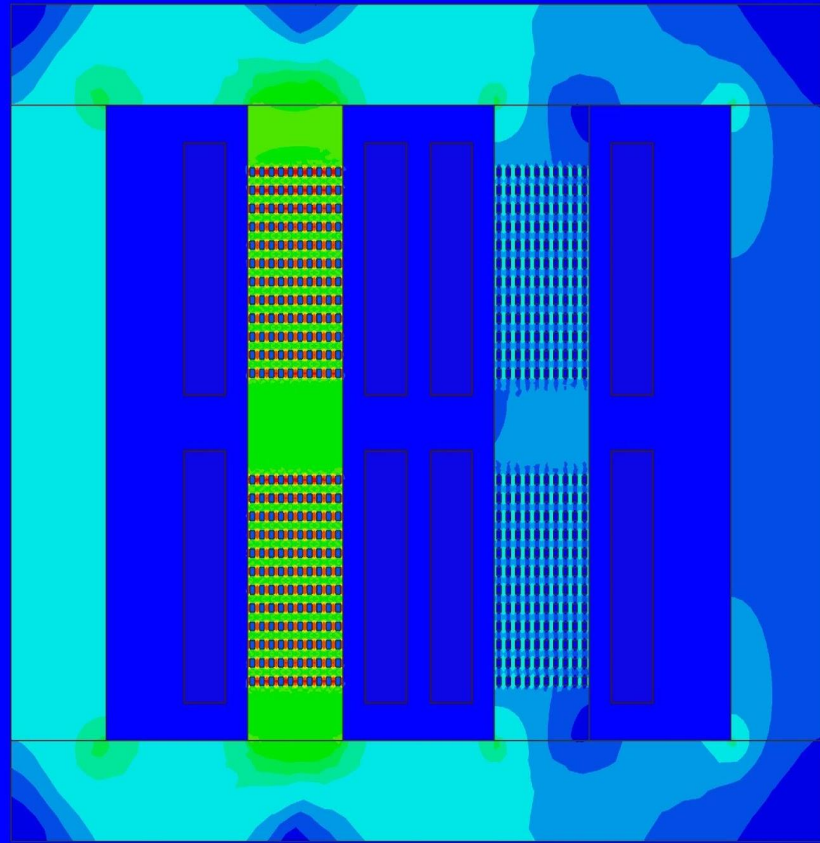
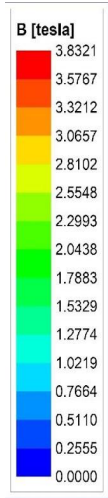
- ❑ MCSR'nin DC sargılarında herhangi bir uyartım bulunmadığında en düşük kapasitede yani doğrusal bölgede çalışmaktadır. En yüksek endüktans ve en düşük reaktif güç bu durumda ortaya çıkar.
- ❑ Tristör tetiklenmesiyle DC uyartım oluşur ve reaktör nüvesindeki endüksiyon doyum bölgesine doğru ilerler. Bu DC artışa tepki olarak reaktör nüvesinde ve hava aralıklarında enerji depolanmaya başlar. Artan bu enerji sonucunda endüktans değeri düşmeye ve reaktif güç değeri artmaya devam eder.
- ❑ Reaktör dengeye geldiğinde , belirli bir akı değerinde AC kaynaktan dolayı salınım yapar ve istenilen güç sağlanır.
- ❑ İstenilen güç değerine göre tristör tetikleri tekrar değiştirilir ve reaktör aynı doğrultuda tepki verir.



Ansys

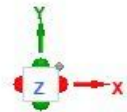
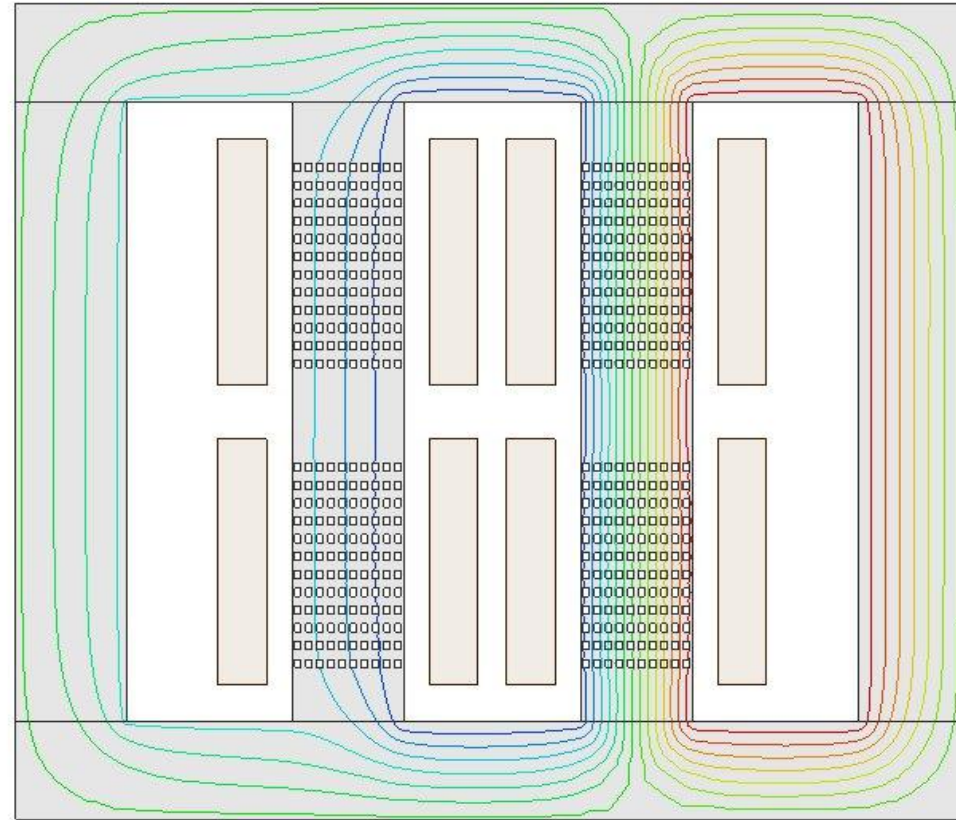
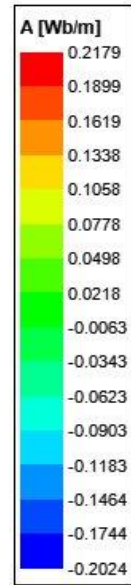


Time = 3.00900s

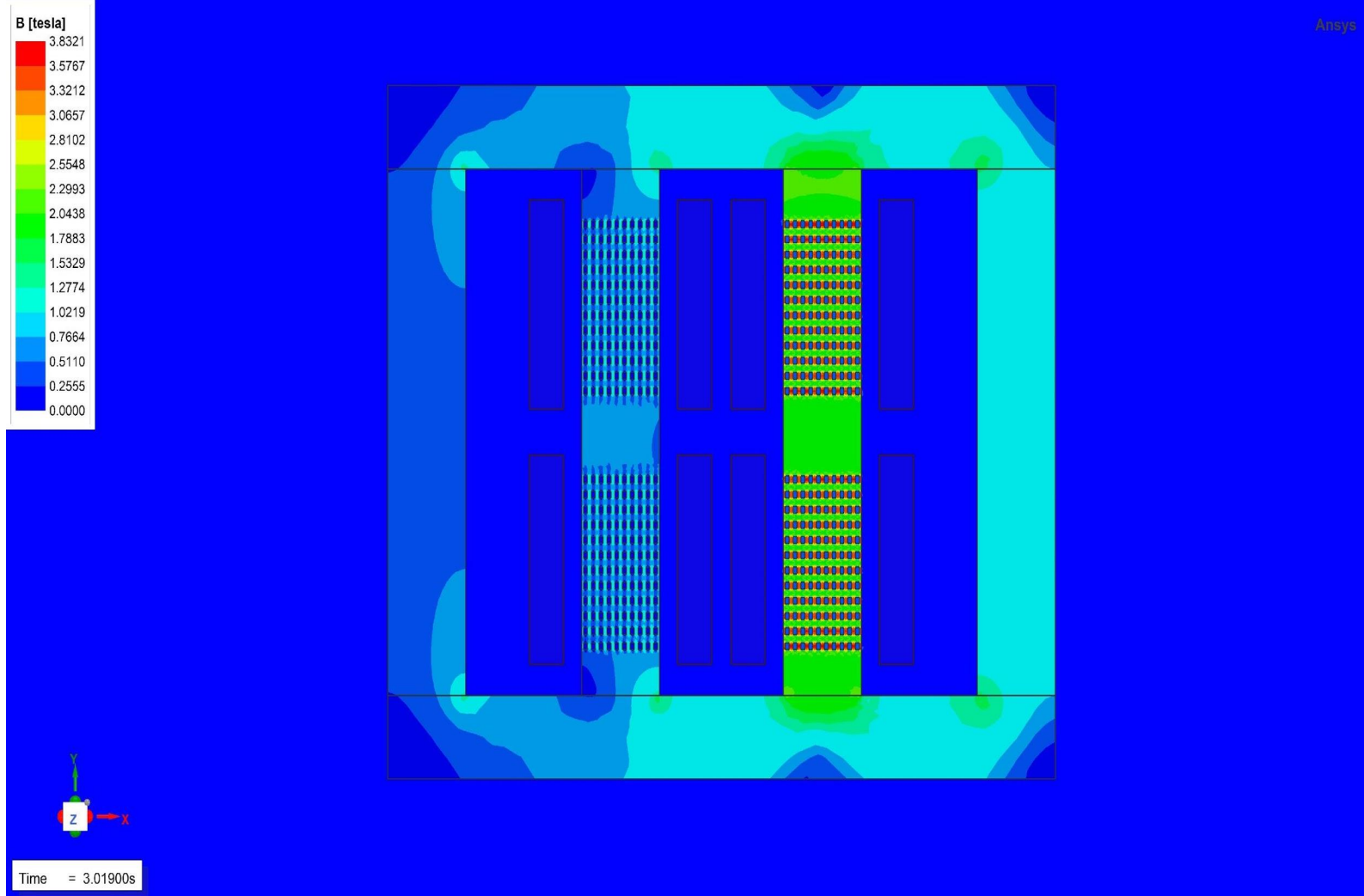


Time = 3.00900s

Ansys

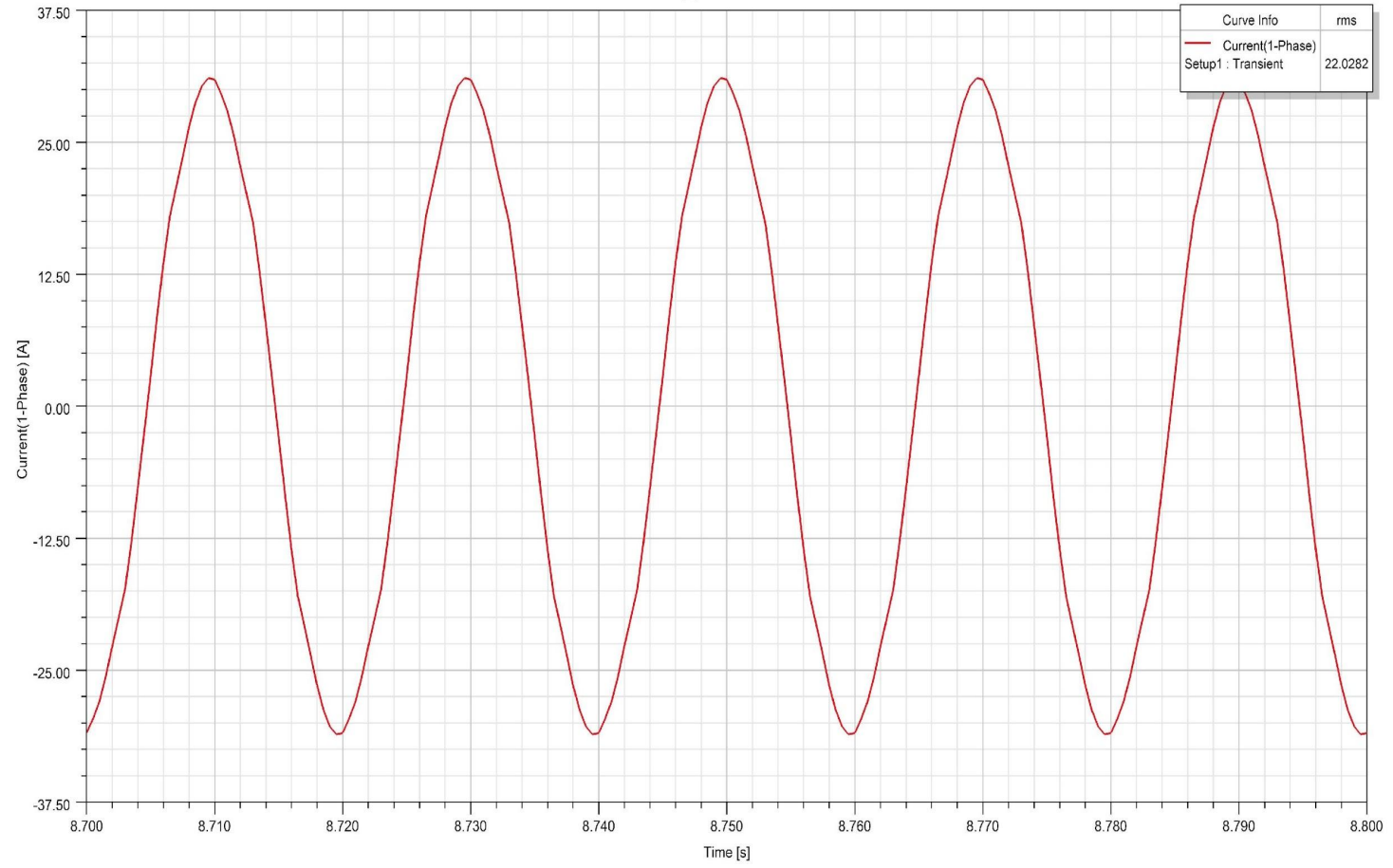


Time = 3.01900s



Phase_Current

Ansys



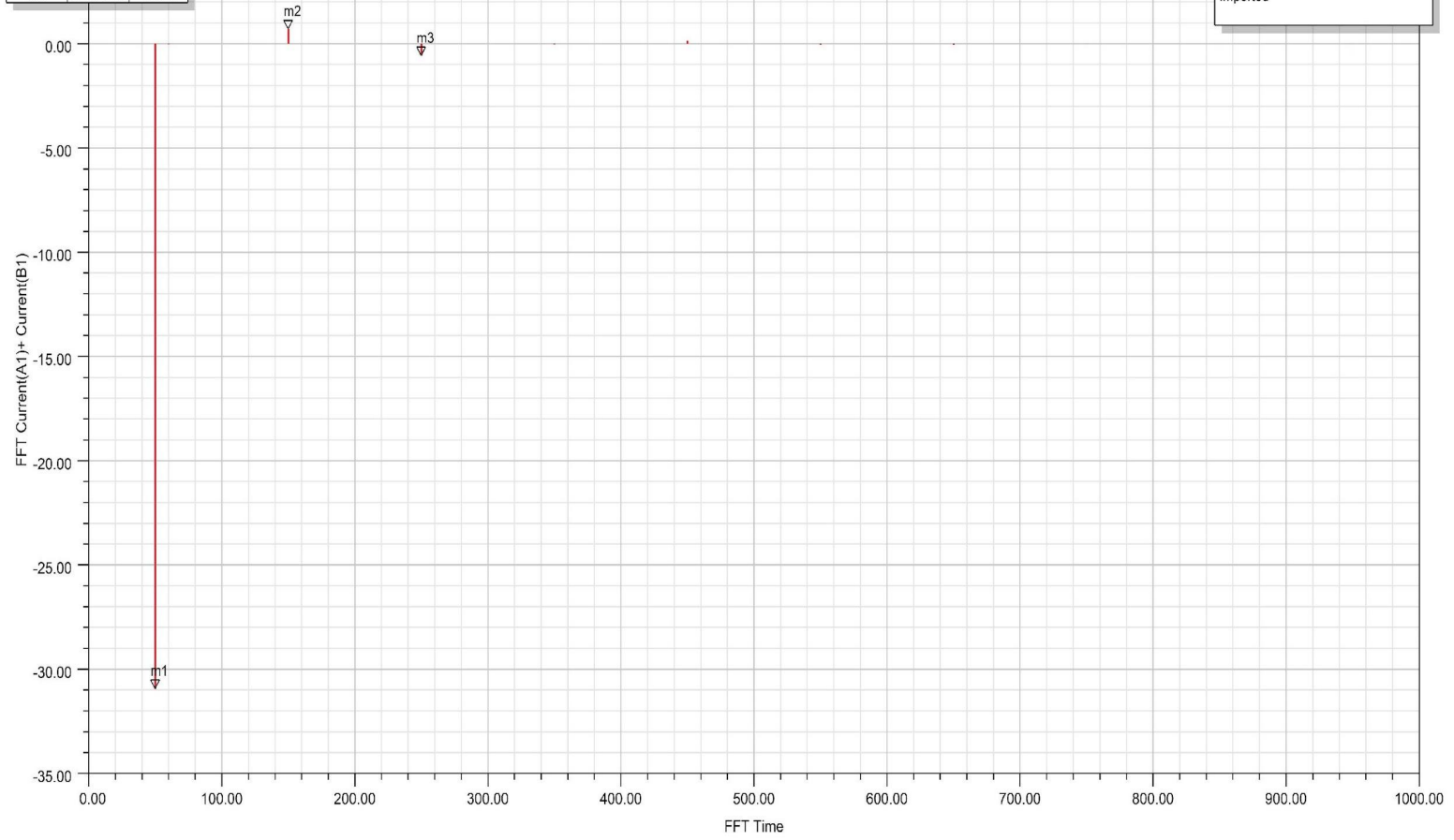
- **Sargı akımı tek faz olarak gösterilmiştir. Analiz sonucunda akımın RMS değeri 22,03 A olarak bulunmuştur. Bu akım değeri tetikleme açısına bağlıdır. Dalga şeklinden de görüleceği üzere akım harmonik bileşenleri içermektedir. Maxwell yazılımında tek faz eşdeğer kullanıldığı için 3. harmonik değerleri akım içerisinde gözükmemektedir.**
- **Akım harmonik analizi yapılmıştır.**

Name	X	Y
m1	50.0000	-30.9380
m2	150.0000	0.7016
m3	250.0000	-0.5851

FFT Phase_Current

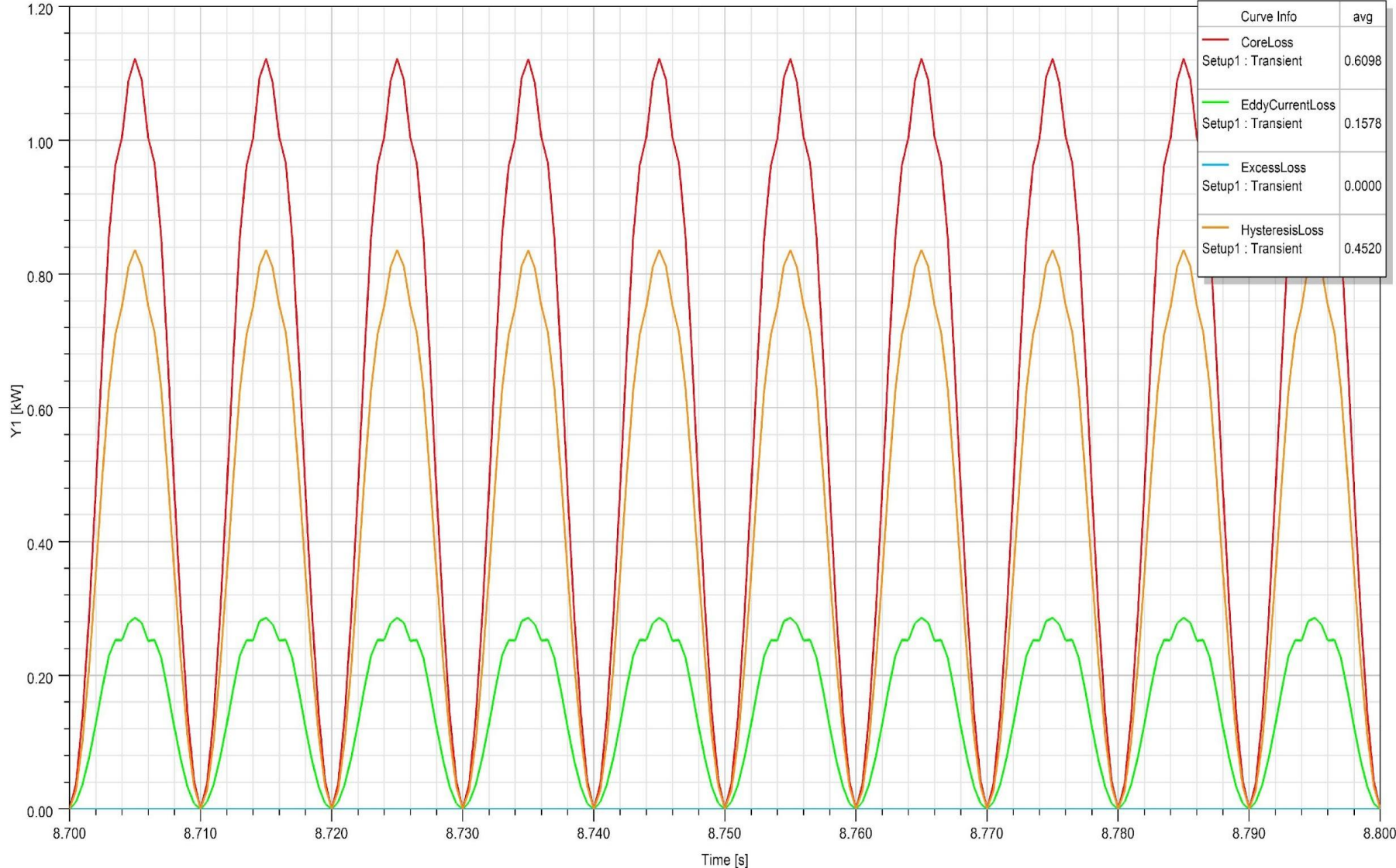
Ansys

Curve Info	
—	FFT Current(A1)+ Current(B1)
—	Imported



Core_Loss

Ansys

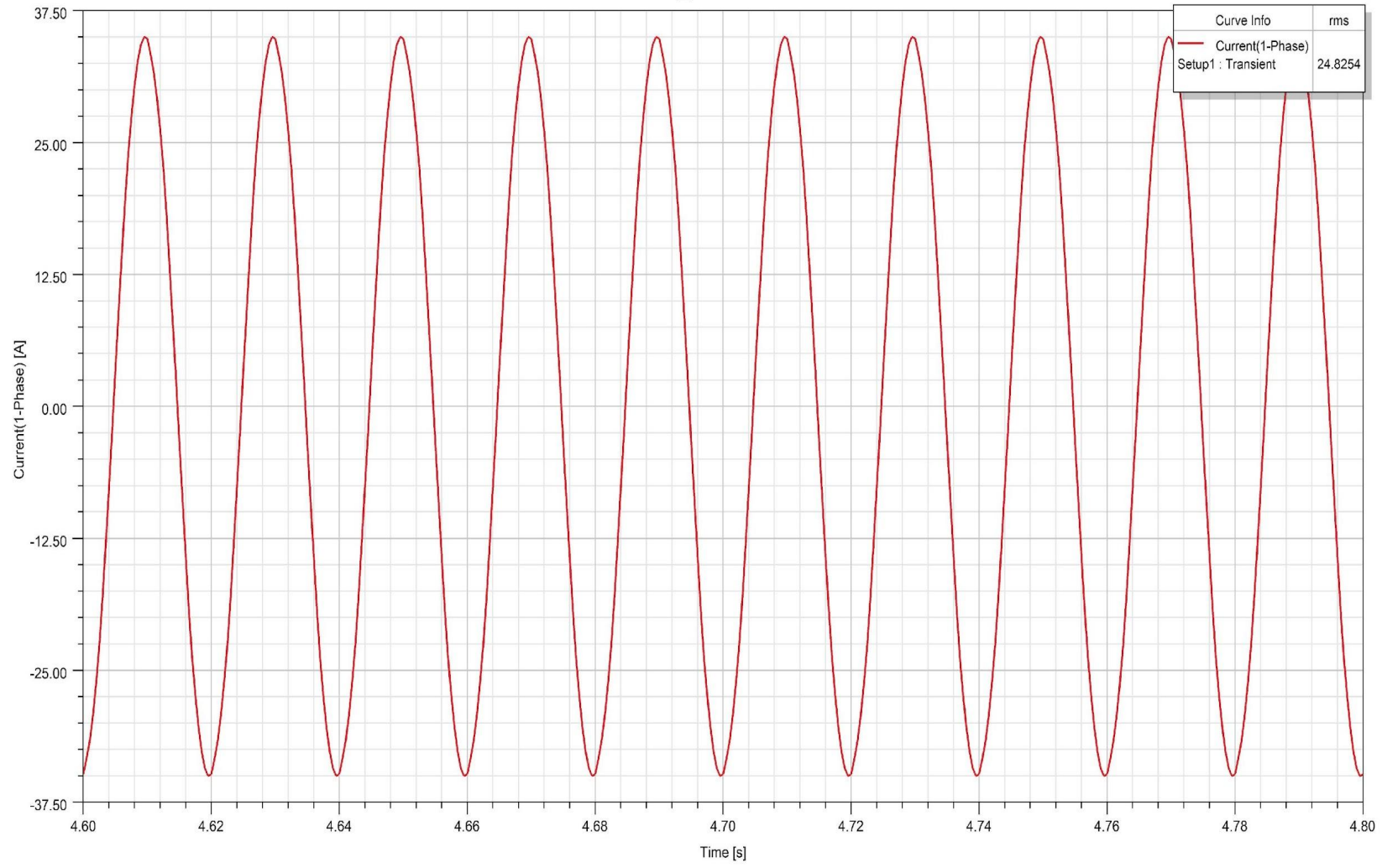


- Üçüncü harmonikler ana harmonik bileşenin %2,26'sı olarak hesaplanmış olup, bu akım değeri üç fazlı tasarımların üçgen bağlı olması durumunda sargı içerisinde kalacak ve hatta yansımayaacaktır.
- Tasarım aşamasında bu harmonik değerleri dikkate alınmalı ve soğutma sistemi tasarımı bu akım değerlerinin de oluşturduğu kayıplara göre tasarlanmalıdır.
- Beşinci harmonik bileşenin yüzde değeri ana harmonik bileşenin %1,891'i olarak analizde hesaplanmıştır. Bu değer sistemin üçgen bağlantı yapılmasından bağımsız olarak ana hat akımına yansiyacaktır.
- Nüvede 609,8 W'lık (1faz) demir kaybı meydana gelmiştir. Bu kayıpların %25'i eddy kayıplarından , %75'i ise histeresiz kayıplarından oluşmaktadır.

- **Analiz sonuçlarında reaktör 2080 kVAr bir reaktif güç değeriyle yüklenmiştir. Belirli bir süre çalışmadan sonra tristör tetik değerleri değiştirilmiş ve nüveye uygulanan DC gerilim değeri artmıştır. Bu artış sonucunda reaktör endüktansı düşmüştür.**
- **Reaktör tetik açılarının değiştirilmesi sonucunda reaktör akımı artmış ve değeri 24,82 A olmuştur. Bu akım değeri nominal akım değerinin yaklaşık %17 üzerindedir.**

Phase_Current

Ansys

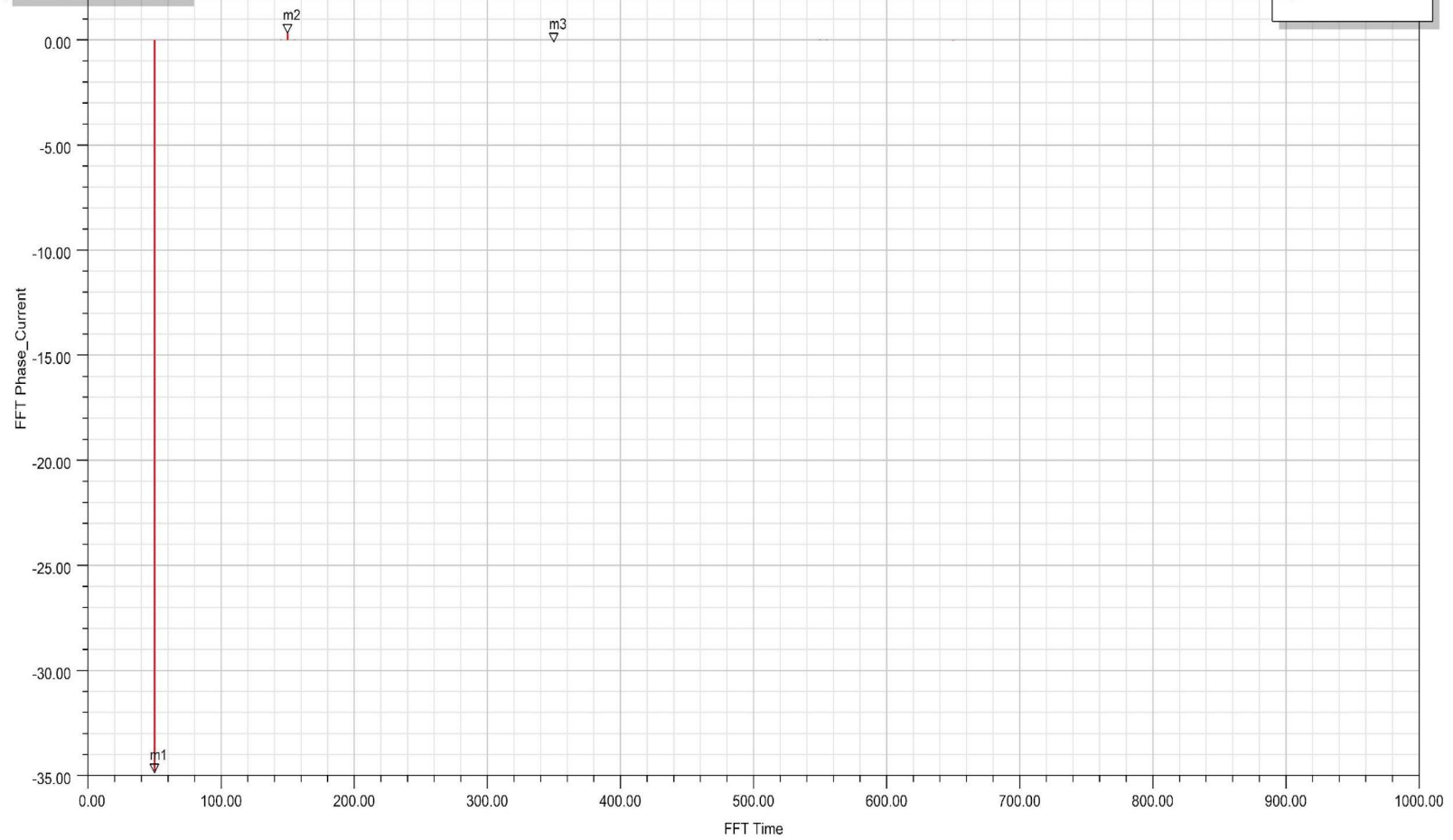


Name	X	Y
m1	50.0000	-34.8756
m2	150.0000	0.3167
m3	350.0000	-0.1099

FFT_Phase_Current

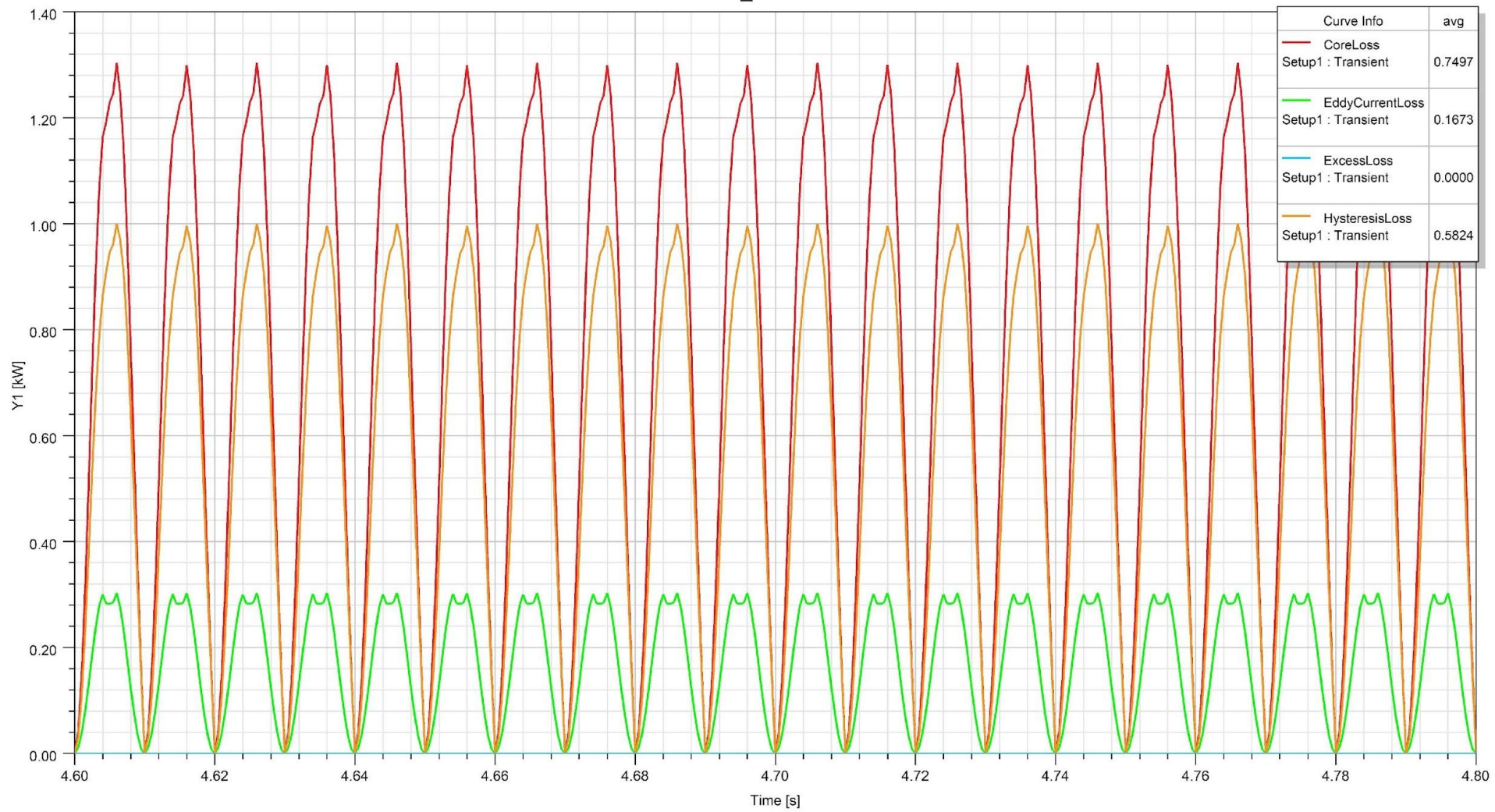
Maxwell2DDesign1 Ansys

Curve Info	
—	FFT Phase_Current
—	Imported



Core_Loss

Maxwell2DDesign1 Ansys



- Şekilden de görüldüğü gibi , akım harmonikleri azalmıştır. Üçüncü harmonik değeri ana harmonik bileşeninin %0,9'u olarak , beşinci harmonik değeri ise ana harmonik bileşeninin %0,315'i olarak hesaplanmıştır.
- Reaktör %17 daha fazla yüklü iken nüvede meydana gelen kayıplar artmıştır. Nüvede 750 W'lık (1 faz) kayıp oluşmuştur. Bu kayıpların %22'si eddy kayıplarını , %78'i ise histeresiz kayıplarını oluşturmaktadır. Bu değerler reaktör yüklenme durumuna göre değişmekte ve bu doğrudan reaktör harmonik içeriğini etkilemektedir.

5. Sonuç

- Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanan Ansys-Maxwell yazılımı ile MCSR modellenmiştir. Analizde kullanılan model diğer modellere göre çözümü daha hızlı ve pratiktir.
- Kontrollü reaktörün çalışma prensibi baz alınarak programa gerçeğe daha yakın bir eşdeğer model tanımlanmış ve elektromanyetik analizi yapılmıştır.
- Analiz sonuçlarında reaktör nominal güce yakın ve biraz üstünde yüklenmiş , çektiği akım harmonikleri , nüvede meydana gelen akı dağılımı, nüve kayıpları, tristörde meydana gelen açı değişimine verdiği tepki incelenmiştir.
- Akım harmoniklerinin reaktörün yüklenmesine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Reaktör nominal güç değerine yaklaştıkça akımın harmonik içeriği azalmıştır.

- ❑ **Nüvede eddy ve histeresiz kayıpları baskın olarak meydana gelmektedir. Akı şiddeti arttıkça nüvede meydana gelen kayıplar artmıştır.**
- ❑ **Analiz programları kullanılmadan reaktörün, nüve , sargı , ek kayıplarını ayrı ayrı tespit etmek zordur.**
- ❑ **Tasarım aşamasında reaktörün nominal güç değerinde minimum harmonik içeriğine sahip olmasına dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.**
- ❑ **Reaktör sargısının bağlantı biçiminin harmonikler üzerinde ciddi etkisi olduğu bilinmektedir. Tasarımı yapılan MCSR tek fazlı olarak yapıldığı için akım harmoniği içerisinde üçüncü harmonik bileşenleri oluşmuştur. Üç fazlı ve üçgen bağlı olması durumunda bu harmonikler sargı içerisinde kalacaktır.**

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM