

sistemlerin modellenmesinde ve birçok konuda başarılı uygulamaları mevcuttur.

Bu çalışmada girişer U sekonder gerilimi, I primer akımı, H magnetik alan şiddetidir. Çıkış ise B magnetik indüksiyondur.

B-H eğrisinin modellenmesi, şekil 1’de görülen ileri yönlü üç katmanlı yapay sinir ağıyla gerçekleştirilmiştir. Kullanılan YSA’ nın birinci katmanında 3 hücre ,gizli katmanında 150 hücre, çıkış katmanında da 1 hücre kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak, YSA’nın daha çabuk eğriyi öğrenmesinden dolayı, tek yönlü sigmoid fonksiyonu (logsig) seçilmiştir. Eğitimin daha çabuk yapılabilmesi için giriş değerlerinin normalizasyonu işleminden geçirilmesi gereklidir. Bu çalışmada yapılan normalizasyon ise 2.7’de sadece U girişi için verilmiş, diğer girişler ve B için de aynı işlem yapılmıştır.

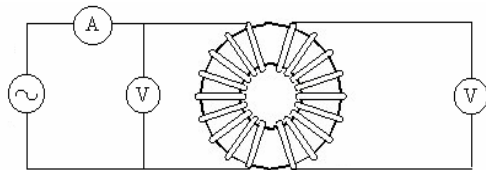
$$U_g = \frac{U - U_{\min}}{U_{\max} - U_{\min}} \quad (2.7)$$

Ağırlıkların uyarlanması hata geri yayılım (Back Propagation) algoritmasına göre yapılmıştır [7]. Eğitime Vogl kuralı kullanılarak 0.001 hata ile gerçekleştirilmiştir.

2. Eğitim Örneklerinin Alınması ve Malzemenin Magnetik Özelliğinin Deneysel Olarak Elde Edilmesi

Lineer asenkron motorun çelik sekonderinin magnetik özelliğini elde etmek için aynı malzemeden bir toroid kesilerek imal edilmiştir. Toroidin iç çapı 10 cm, dış çapı 26.5 cm, kalınlığı 12 mm dir.

Toroid üzerine aynı bakır iletken bir primer ve bir sekonder sargı sarılmıştır. Sargı için kullanılan bakır iletkenin çapı 0.65 mm dir. Toroid sargısı üç tabakadan oluşmuştur. 1. kat 1.tabaka 150, 2.tabaka 150 sipirdir. 2. kat 1.tabaka 150, 2.tabaka 125 sipirdir. Üçüncü kat bir tabaka olup 100 sipirden oluşmaktadır. Bir bobinde toplam 675 sipir vardır. Toroidin ölçü ve sipir sayısını yaklaşık olarak bulmak için magnetik alanda doyma hesabı yapan bir program geliştirilerek yukarıdaki değerler elde edilmiştir. Deney 50 Hz. lik şehir şebekesiyle yapılmıştır. Primer akım, 0 Amperden başlayarak 9 Ampere kadar yükseltilmiştir. 9 Amper primer akımı için sekonder gerilimi 150 Volt olarak ölçülmüştür. Deneyde 87 değer alınmış, bu değerlerin 68’i eğitim verisi olarak kullanılmış, 19 tanesi ise YSA’nın genelleme yapabilmemesinin tespiti için kullanılmıştır.



Şekil 2. Deneyin bağlantı şeması

Deneyde kullanılan toroid içi transformator yağı dolu bir kab içine yerleştirilmiştir. Bu sayede bobinin soğutulması sağlıklı bir şekilde sağlanmıştır. Deneyin bağlantı şeması Şekil.2’de görülmektedir.

Yapılan deneyde, primer akımına karşılık sekonderde indüklenen gerilim ölçümlerinden yararlanarak, Toroid’deki magnetik büyüklükler aşağıdaki ifadelerden hesaplanabilir

$$e = 4.44 * N * f * \phi \quad (3.1)$$

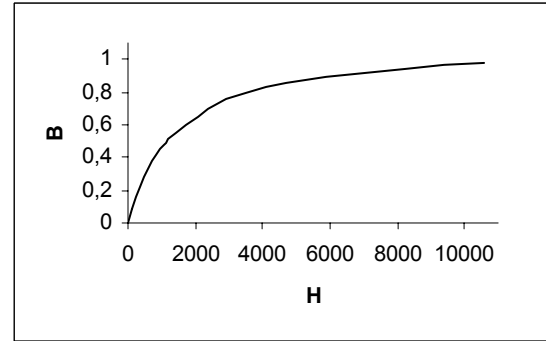
$$\phi = \frac{e}{4.44 * N * f} \quad (3.2)$$

$$B = \frac{\phi}{S} \quad (3.3)$$

$$H = \frac{N * I}{L} \quad (3.4)$$

Yukarıdaki ifadelerde e: Sekonderde indüklenen gerilim(v), N: Sarım sayısı, f: Frekans (hz), B: Magnetik indüksiyon(T), H: Magnetik alan şiddeti (At/m), L: Akımın yolunun ortalama uzunluğunu göstermektedir.

L=0.573m. f=50 Hz. alınarak pirimer akımı ve sekonder gerilimine göre elde edilen deneysel magnetik indüksiyon değeri ve alan şiddeti hesaplanıp şekil.3’de deneysel değerlere göre çizilmiş B-H eğrisi verilmiştir.



Şekil 3. Deneysel olarak elde edilen B değerinin H’ya göre değişimi

3. Deneysel Sonuçların Frohlich Denklemleri İle İfade edilmesi

Deneysel olarak elde edilen B-H değerlerini histerizis kayıpları ihmal edilerek (4.1) nolu tek ifadeli Frohlich denklemi kullanılarak matematiksel olarak ifade edilebilir. Daha iyi bir modelleme için (4.2) nolu çift ifadeli Frohlich denklemi kullanılmaktadır.

$$B(H) = \frac{B_s * H}{C_1 + C_2 * H} + \mu_0 * H \quad (4.1)$$

$$B_1 = \frac{H}{a_1 + b_1 * H} + \mu_0 * H, \quad B \leq B_s$$

$$B_1 = B_s + \frac{H - H_s}{a_2 + b_2 * (H - H_s)}, \quad B \geq B_s \quad (4.2)$$

Denklemlerindeki B_s doymanın başladığı ve eğrinin doğrusallaştığı noktadır.

Deneyi yapılan malzeme için bu değer 0.94 Tesla olarak tespit edilmiştir. Frohlich Denklemlerindeki $C_1, C_2, a_1, b_1, a_2, b_2$ katsayıları [6] nolu makalede hesaplanmıştır. Burada daha fazla detaya girilmeyecektir.

Kullanılan eğride $B_s=0.9437T$, $H_s=8241.758At/m$, $B_d=0.161T$, $H_d=235.47At/m$ dir. H_{ss} için yapılan sayısal denemeler için en iyi sonuç $3 \cdot 10^5 At/m$ için alınmıştır. Bu değerler kullanılarak bulunan $a_1=1241.677$, $b_1=0.909$, $a_2=61427.53$, $b_2=5.47E-01$ olarak elde edilmiştir.

4. YSA'nın Çıkışı ile Frohlich Denklemlerinin karşılaştırılması

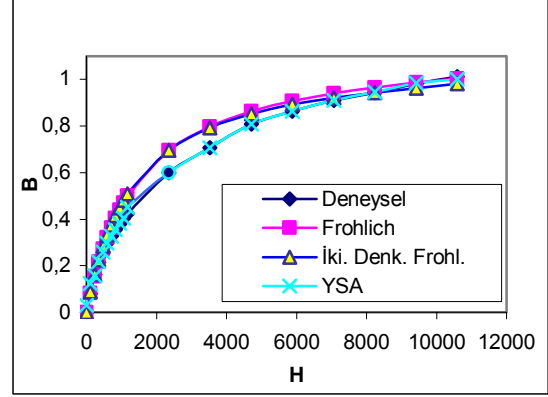
Yapay sinir ağında eğitim, tablo 1. de verilen 19 U, I ve H değerlerinden başka 68 örnek değerle eğitildi. YSA'nın bir sistemi modelleyip modellememesinin belirlenmesi için eğitim örneklerinden başka değerler verilip uygun değerler verip vermediğine bakılır. YSA uygun değerleri veriyorsa problemi öğrenmiştir. Aksi takdirde problemi ezberlediği söylenebilir. Karşılaştırma tablo.1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneyden elde edilen B değerleri ile iki denklemlilik Frohlich B değerleri ve YSA'dan elde edilen B değerleri.

N	I	U	H (deney)	B (deney)	Frohlich B	YSA B
1	0	0	0	0	0	0,0134
2	0,1	18,5	117,73	0,1247	0,0810	0,1072
3	0,2	24,0	235,47	0,1617	0,1505	0,1364
4	0,3	32,0	353,21	0,2157	0,2106	0,222
5	0,4	38,5	470,957	0,2595	0,2632	0,2577
6	0,5	44	588,69	0,2965	0,3097	0,2914
7	0,6	48,5	706,43	0,3269	0,3509	0,3275
8	0,7	52,5	824,17	0,3538	0,3878	0,3569
9	0,8	56,5	941,915	0,3808	0,4210	0,3781
10	0,9	60	1059,65	0,4044	0,4510	0,4
11	1	67	1177,39	0,4516	0,4783	0,4549
12	2	89	2354,78	0,5999	0,6573	0,5995
13	3	105	3532,18	0,7077	0,7510	0,7104
14	4	120	4709,57	0,8088	0,8086	0,8096
15	5	128	5886,97	0,8628	0,8477	0,8632
16	6	135	7064,36	0,9100	0,8758	0,9082
17	7	140	8241,75	0,9437	0,9437	0,9463
18	8	146	9419,15	0,9841	0,9878	0,985
19	9	150	10596,55	1,0111	0,9993	1,003

Tablo.1'de çift Frohlich denklemlerinden elde edilen B değerleri ile YSA'dan elde edilen B değerleri incelendiğinde YSA'nın daha iyi bir modelleme yaptığı görülür. Verilen H, U, I örnek değerlerine göre deneysel, çift denklemlilik frohlich

ve YSA'nın modellediği B-H eğrisi birlikte Şekil.4'de verilmiştir. Şekilde yine YSA'nın B-H eğrisini Frohlich denklemlerine göre daha iyi modellediği görülmektedir. Eğrinin başlangıcında hatanın biraz fazla olması, bu bölgede değişimin fazla olmasından ve bu bölgede verilen örnek sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4. Deneysel, tek ve çift denklemlilik Frohlich ve YSA'dan elde edilen B-H eğrilerinin birlikte çizimi.

5. Sonuç

Çelik sekonderli lineer asenkron motorun ve diğer elektrik makinalarının sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan hesaplamalarda B-H eğrisinin modellenmesi gereklidir. B-H eğrisi malzemeye göre değişmektedir. B-H eğrisinin matematiksel denklemlerle ifade edilmesi teorik hesaplamaların bir miktar hatalı olmasına yol açacaktır. Yukarıda bahsedilen yapay sinir ağının kullanılması durumunda teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasındaki fark daha da azalacaktır. Bu çalışmada giriş olarak primer akımı, sekonder gerilimi, manyetik alan şiddeti verilip, manyetik indüksiyon elde edildi. Sonlu elemanlar yönteminde B'ye karşılık gelen manyetik relüktivite B-H eğrisine göre bulunur. YSA BH eğrisini modelleyeceği gibi direk B-v eğrisini de aynı hassasiyette modelleyebilir.

KAYNAKLAR

- 1.H. Kürüm, "Çift Yanlı Lineer Asenkron Motorların Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 1990
- 2.Penman, J.,Chalmers, B.J., Kamar, A.M.A., Tunçay, R.N., IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, 100, 6 .2927-2935, 1981
- 3.R.M. Pai, I Boldea, and S.A. Nasar, IEEE, Trans. On Magnetism, 24,1, 1988.
- 4.NASAR, S.A., Proc. IEE., 120,4, 477-483, 1973
- 5.Alwash, H., Al-Rikabi, J.A.H., IEE, Proc., 126, 7, 677-682. 1979
- 6.Kürüm H.,F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'14(1),109-116,2002.
7. ZURADA J.M., Introduction to Artificial Neural Systems", West Publishing Company,