

İletim Hatları için Bulanık Mantık-Tabanlı Direk Tipi Seçimi

Mehmet Rıda TÜR^{1,*}, Zafer AYDOĞMUŞ²

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Midyat M.Y.O. Teknik Programlar, Mardin/Türkiye
²Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Müh., Elazığ/Türkiye

Başvuru: 05/05/2014 Düzeltme: 27/05/2014 Kabul: 27/05/2014

ÖZET

Gelişen sanayi ile birlikte elektrikli cihazların sayısı ve nüfus artışı sonucunda elektrik ihtiyacı artmaktadır. Artan bu enerji talebiyle birlikte üretilmesi ve iletilmesi gereken enerji miktarı da sürekli bir artış içerisinde. Talep edilen bu yüksek güçler, elektriğin üretildiği yerden tüketim merkezlerine, genellikle yüksek ve orta gerilim değerlerinde ve hava hatları ile iletilmektedir. Tesis edilecek enerji nakil hatlarının kurulum maliyetleri çok yüksektir. Bu maliyeti etkileyen önemli faktörlerden biri direk boyu, tipi ve sayısıdır. İletim hattının kurulacağı alan belli olduktan sonra uygun değer direk tipi ve sayısı tespit edilir. Böylece minimum maliyeti ve maksimum güvenliği sağlayacak bir çözüm elde edilmeye çalışılır. Bu çalışmada hesaplamalarda önemli bir faktör olan direk sayısının tespiti için bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Bulanık mantık tabanlı hesaplamayla elde edilen sonuçların elle yapılan hesaplamayla birebir uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Demir Direk, Bulanık Mantık.

ABSTRACT

Demand for electricity is increasing as a result of increasing the number of electrical devices with the developing industry and population growth. With the increasing demand for energy, the generation and transmission of the energy required is in a steady increase. Requested that higher powers, where the production of electricity to the consumption centers, generally transmitted by overhead line with high and medium-voltage values. The installation costs of power transmission lines to be established are very high. One of the important factors affecting the cost is the pole length, type and number. After the installation area of the transmission line is specified, optimum type and number of towers is determined. Thus a solution is attempted to provide minimum cost and maximum safety. In this study, fuzzy logic method is used for determining the number of poles which an important factor in the calculations. It can be seen a good agreement between the results obtained by fuzzy-based calculation and made by hand.

Keywords: Steel Towers, Fuzzy Logic.

*Sorumlu yazar, e-posta: ridatr@gmail.com

1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde elektrik enerjisi üretiminin ve iletiminin yanında dağıtımının da büyük önemi vardır. Burada en önemli noktalardan biri yapısal maliyetleri en aza indirmektedir [1]. Bunun yanında, bir taraftan mümkün olan bütün ekonomik etkileri göz önüne alırken, diğer taraftan sağlam bir performans için yapısal güvenliğin de dikkate alınması oldukça önemlidir [2].

Elektrik Enerjisi İletim Hatları (EİH) ile üretim santrallerinden enerji dağıtım merkezlerine, oradan da dağıtım hatları ile tüketicilere sunulurlar. Termik, doğalgaz, nükleer, rüzgâr ve hidroelektrik santrallerinden üretilen elektrik enerjisi 380 kV ve 154 kV 'luk EİH ile sisteme bağlanırlar. Üretilen elektrik enerjisi belirli noktalardaki oto trafolar ile 154 kV gerilim seviyesinde tüketim merkezlerine daha yakın trafo merkezlerine iletilir. Trafo merkezlerinde 34.5 kV, 31.5 kV ve 15 kV gerilim seviyelerine düşürülür ve dağıtım hatları ile tüketim noktalarına ulaştırılırlar. Buralarda 34.5/6.3 kV ve 34.5/0.4 kV 'luk dağıtım trafoları yardımı ile gerilim seviyeleri tekrar düşürülerek fabrika, işyeri, ticarethane ve evlerde kullanılır. Tüm bu iletim aşamalarında direkler kullanılır [3].

EİH 'larında manuel olarak yapılan güzergâh seçme çalışmaları, iş yükü ve maliyet açısından masraflıdır. Güzergâh seçiminin başarısı, seçimi yapan mühendisin tecrübesiyle elde edilecek olan verilerin işlenmesi ve detaylı şekilde hesaplanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle güzergâh seçimi işlemleri genellikle 1/25.000 ölçekli topografya haritaları üzerinden en kısa güzergâh hedef alınarak gerçekleştirilir [4].

Doğal kaynakların konumu nedeniyle, pek çok hallerde, elektrik enerjisi ham enerji kaynaklarının bulunduğu yerlerde üretilip, tüketim bölgelerine direkler ile taşınır [5]. Direk tevziatı, buz yükü bölgesine bağlı olarak seçilen ekonomik direk boyu ile en kısa ve en az sayıda

direkle yapılır. Tevziyata, başlangıç nihayet direğinin boyu seçilerek başlanır. Bu direğin boyu, enerji alınan noktanın (bir trafo merkezinden enerji alınacaksa fider çıkışının, dağıtım merkezinden veya kabinden enerji alınacaksa hücre çıkışının, mevcut bir hattın herhangi bir direğinden enerji alınacaksa hattın bu direğinin) yerden yüksekliği dikkate alınarak seçilmelidir. Aynı şekilde, hattın sonundaki son nihayet direğinin boyu da bu hususlara dikkat edilerek seçilmelidir. Bu seçim ve hesaplama sisteminde minimum hata ile sonuç almak kadar kısa sürede sonucu elde etmek de çok önemlidir. Bu nedenle, ideal taşıyıcı direk tipi tespitinde Bulanık Mantık yöntemini kullanmak uygun yol olarak görülmüştür.

2. 3/0 AWG, TEK DEVRE, GALVANİZ DEMİR DİREK SEÇİMİ

2.1. 3/0 AWG (Pigeon) İletkenli Tip Projeler

Direk Tevziyatında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, taşıyıcı direklerin maksimum rüzgâr menzil değerleri ile buz yükü bölgesine bağlı olarak değişen direkler arası tek taraflı açıklık değerleri arasındaki ilişkidir. Direk Tevziyatında dikkat edilen diğer husus ise, direkler arası tek taraflı açıklıkların buz yükü bölgelerine bağlı olarak alabilecekleri azami değerlere göre tevziyat yapılmasıdır. Bu açıklıklar, iki durdurucu direk arasındaki tek taraflı açıklık değerine (a_r) bağlıdır. Yine bu aralıkta, a_r 'nin alacağı değerlerin hemen kestirilemediği hallerde ise, bir üst ortalama menzil değerine (a_{ort}) sahip Tablo 1 'e bakılarak tevziyat yapılmalıdır. Böylece daha emniyetli hareket edilmiş olunur, çünkü bir üst değerdeki ortalama Tablo 1 'de yer alan tek taraflı açıklık değerleri, bir alt değerdeki Tablo 1 'de yer alan tek taraflı açıklık değerlerinden daha küçüktür. Bu durum Tablo 1 incelendiğinde kolaylıkla görülebilir.

Tablo 1. 3/0awg, Tek Devre, Galvaniz Demir Direklerin Bölgelerin Ortalama Menzillere Göre Tek Taraflı Açıklıkları

1. BÖLGE			2. BÖLGE-1			3. BÖLGE-1			4. BÖLGE		
$a_{ort}=350m$			$a_{ort}=260m$			$a_{ort}=260m$			$a_{ort}=220m$		
BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY
368	451	587	308	378	492	260	321	417	214	264	344
BER	410	477	ER	343	400	BER	290	338	BER	239	279
409	BES	519	338	BES	435	288	BES	369	231	BES	304
476	518	BET BEY	394	430	BET BEY	335	365	BET BEY	269	293	BET BEY
347	389	456	288	324	380	245	275	322	197	221	259
BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY
$a_{ort}=400m$			$a_{ort}=300m$			$a_{ort}=300m$			$a_{ort}=260m$		
5. BÖLGE			2. BÖLGE-2			3. BÖLGE-2			4. BÖLGE-2		
$a_{ort}=220m$			$a_{ort}=350m$			$a_{ort}=350m$			$a_{ort}=350m$		
BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY
138	170	221	299	368	479	255	314	408	206	254	330
BER	154	179	BER	333	389	BER	284	331	BER	230	268
	BES	195	330	BES	423	282	BES	361	228	BES	292
		BET BEY	385	420	BET BEY	329	359	BET BEY	266	290	BET BEY
			281	316	371	240	270	317	195	218	256
ER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY	BER	BES	BET BEY
$a_{ort}=0$			$a_{ort}=400m$			$a_{ort}=400m$			$a_{ort}=400m$		

2.2. 3/0 AWG İletkenin Mekanik Özellikleri, Bölgelere Göre Buz-Rüzgâr Yükleri

Galvaniz demir direkli tip projelerde, her buz yükü bölgesinde çeşitli a_{ort} değerlerine göre hesaplanan direkler arası tek taraflı azami açıklıklar Tablo 1 'de verilmiş olup, özel hesaplar için projede bulunan gerçek a_r değerlerine göre çekme kuvveti değerlerinin (T_n) hesapla bulunması gerekir. Bölgelere Göre Buz-Rüzgâr Yükleri aşağıdaki Tablo 2 'de gösterilmiştir [6].

Tablo 2. Bölgelere Göre Buz-Rüzgâr Yükleri

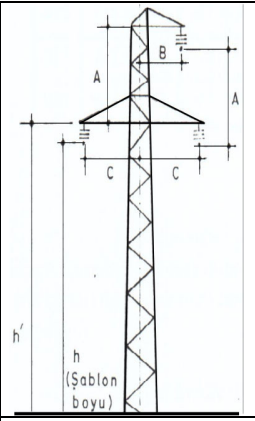
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
Bir Buz Yüğü = P_b (kg/m)	--	0,7141	1,0712	1,7853	4,2848
Bir Buz Yüğü.A= P_b (kg/m)	--	1,0571	1,4141	2,1283	4,6278
İki Buz Yüğü = $2P_b$ (kg/m)	--	1,4283	2,1424	3,5700	8,5697
İki Buz Yüğü.A= P_b (kg/m)	--	1,7712	2,4853	3,9136	8,9126
Kritik Açıklık = a_{kr} (m)	121,76	73,9	76,18	55,63	25,32
Max. Açıklık = t_{max} (°C)	+50	+45	+40	+40	+40
Min. Açıklık = t_{min} (°C)	-10	-15	-25	-30	-30
Kritik Sıcaklık = t_{kr} (°C)	46,83	43,63	49,52	55,39	61,65
Maksimum Sehim Hali	+50°C	+45°C	-5°C + %100 Buz		
Maksimum Gerilme Hali	+5°C + %100R	-5°C + % 100 Buz			
Rüzgâr Yüğü = cqf (kg/m)	0,7433				

2.2. Taşıyıcı Direkler: (3/0 AWG, Tek Devre, Galvaniz Demir Direkli)

BER, BES, BET ve BEY olarak adlandırılan dört tip taşıyıcı direk geliştirilmiştir bunlar, Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Bunlardan BET ve BEY 'in tek

tarafı açıklığa göre kullanma menzilleri aynıdır, ancak BEY 'in rüzgâr menzili BET 'den daha fazladır.

Bu tip taşıyıcı direğin birbirinden farklı boyda (2 'şer metre aralıklı) 8 tipi daha vardır. Bu tipler; BER-8, BER-6, ..., BES-8, BES-6, ..., BET-8, BET-6, BET-4, ..., BEY-8, BEY-6, BEY-4, BEY-2, BEY+0, BEY+2, BEY+4, BEY+6 şeklinde adlandırılmıştır.

	BER	BES	BET	BEY
				
A:	2,6 m	3 m	4,5 m	4,5 m
B:	1,3 m	1,4 m	2,15 m	2,15 m
C:	1,56 m	2,25 m	3,65 m	3,65 m

Şekil 1. Taşıyıcı direklerin özellikleri

Düz arazide 1. ve 2. Bölgede -2 ve -4 boylar ekonomik direk boylarıdır. Düz arazide 3. Bölgede +0 ve -2 boylar ekonomik direk boylarıdır. Engbeli arazide ise en az sayıda ve en kısa direklerle bulunacak çözüm en ekonomik çözüm olacaktır. Taşıyıcı Direk Ağlıkları Tablo 3 'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3. Taşıyıcı Direk Ağlıkları

Boylar / Tip	-8	-6	-4	-2	+0	+2	+4	+6
BER	536	632	709	785	876	977	1102	1196
BES	641	721	817	928	1052	1142	1276	1419
BET	844	947	1062	1143	1274	1466	1590	1764
BEY	933	1098	1247	1363	1512	1722	1866	2082

Not: Bu ağlıklar cıvatalı ve bayraklı demirden yapılmış sıfır ayaklı direklerin ağlıklarıdır.

Taşıyıcı direklerin köşede kullanılmaları halinde derece sapma açısına karşılık azalacak rüzgâr menzilleri (Δa_w) Tablo 4 'te gösterildiği gibidir.

Tablo 4. Rüzgâr Menzilleri

Tipi	Δa_w (m)				
	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
BER	23,04	20,36	15,65	10,29	4,59
BES	23,04	20,36	15,65	10,29	4,59
BET	23,04	20,36	15,65	10,29	4,59
BEY	23,04	20,36	15,65	10,29	4,59

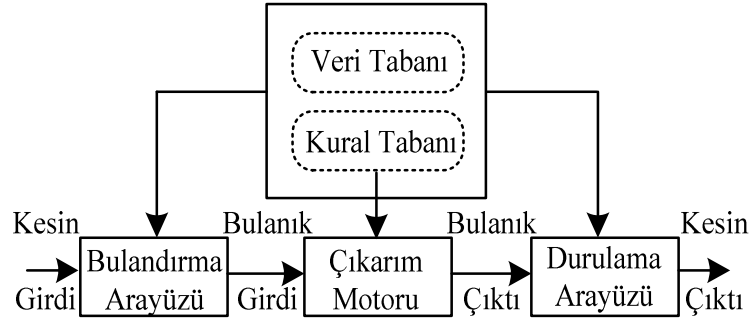
Tek Devre, Galvaniz Demir Direklerin Bölgelerin Ortalama Menzillere Göre Tek Taraflı Açıklıkları Tablo 4'te gösterildiği gibidir. Burada, Taşıyıcı direklerin yüklerine göre 4 çeşit ve 8 farklı boyları ile toplam 32 adettir. Bu sistemle bölgelerde kullanılan direklerin ideal tipinin belirlenmesinde kullanılan ifade aşağıda verilmiştir:

$$\sum a_w = a_w |_{pro.} + \alpha_s \cdot \Delta a_w \quad (1)$$

3. OPTIMUM DİREK TİPİNİN BULANIK MANTIK İLE BELİRLENMESİ

Enerji iletim sistemlerinin temel amacı enerjiiyi bir yerden diğer bir yere mümkün olduğu kadar ucuz ve güvenli bir şekilde iletmektir [7]. Bulanık Mantığı, diğer

mantık sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerden biri, üçüncünün olmazlığı ilkesi ve çelişmezlik ilkesi olarak adlandırılan ve diğer mantık sistemleri için önemli olan, hatta temel kural denilebilecek iki özelliğin Bulanık Mantık için geçerli olamamasıdır. Bulanık Mantığın en geçerli olduğu durumlardan birincisi, incelenen olayın çok karmaşık olması, kontrolün uzman bir şekilde ve kısa sürede çözülmesi gerekliliğinin olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan kavrayış ve yargısına gerek duyan hallerdir. İşte bu tür bilgi kaynaklarının, olayların incelenmesinde özgün bir şekilde kullanılmasında Bulanık Mantık ilkeleri yardımcı olacaktır [8]. Şekil 2 'de bir Bulanık Mantık denetleyicinin iç yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Bulanık Mantık denetleyicinin Blok diyagramı

Bu denetleyici, genel olarak beş ana kısımdan oluşur [9]. Bu bölümler kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1- Bulandırma ünitesi (Fuzzifier): Bu bölüm giriş değişkenlerini ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişkenliği yaparak bulanık kümelerle dönüştürür. Yani onlara bir etiket vererek, dilsel bir ölçek değişkenliği yaparak Bulanık Mantık kümeleri haline dönüştürür.

2- Çıkarım motoru (Inference Engine): Bu bölüm, kurallar üzerinde Bulanık Mantık kurallarını uygulayarak bulanık çıkışlar verir.

3- Veri tabanı (Data Base): Çıkarım motoru, kural tabanında kullanılan Bulanık kümeleri bu bölümden alır.

4- Kural tabanı (Rule Base): Kontrol amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları buradan bulunur ve çıkarım motoruna verilir.

- 5- Durulama (Defuzzifier): Çıkarım motorun bulanık küme üzerine yapmış olduğu ölçek değişikliklerini, sayısal değerlere dönüştürür.

3.1. Bulanık Kural Tabanının Gösterimi

Bulanık Kural tabanında gösterildiği gibi 4 tip direğin seçiminde kullanılacak kural tablosu Tablo 5 'te gösterilmektedir. Örnek kural aşağıdaki gibidir. EĞER Bölge "...” VE Açıklık "...” VE Ortalama "...” İSE Direk tipi "...” şeklindeki bir “EĞER-İSE” kuralı uygulanarak bir tablo oluşturulur.

Tablo 5. Bulanık Kural Tablosu

EĞER Bölge “Çok Sıcak” VE Açıklık “Kısa” VE Ortalama “350” İSE Direk tipi “BER”			
Bölge	Açıklık	Ortalama	Direk Tipi
Çok Sıcak	Kısa	220	BER- BES- BET- BEY
Sıcak		260	BER- BES- BET- BEY
Normal	Orta	300	BER- BES- BET- BEY
Soğuk		350	BER- BES- BET- BEY
Çok Soğuk	Uzun	400	BER- BES- BET- BEY

Bulanık mantık sistemine Tablo 5’te gösterilen üç farklı değişkeni girdi olarak kullanarak çıktıların belirlenmesi amacı ile oluşturulmuş kurallar uzman kişilerin deneyimlerinden ve hesaplanmış testlerin verileri baz alınarak düzenlenmiştir. Şekil 2 ’de gösterilen Bulanık Mantık sisteminde, Bulandırma işlemi için bulanıklaştırma yöntemi kullanılır. Bulanık çıkarım sistemi ise “*Mamdani*” çıkarımıdır. Tanımlanmış girdiler ile örnek bir hesaplama yapacak olursa; Şekil 4 ’de gösterildiği gibi, bulandırma işlemi için üyelik fonksiyonları belirlenir, sekiz farklı girdinin uygulandığı ve kural tablosunda belirlenmiş on farklı kural ile durulama işleminden sonra çıkış olarak elde edilecek arıza tipi için;

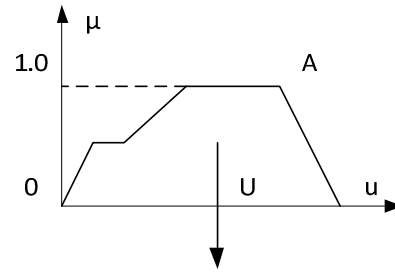
- Birinci işlem, “AND” için “MIN” operatörü,
- İkinci işlem, “İMA” için “MIN” operatörü,
- Üçüncü işlem, “TOPARLAMA” için “MAX” operatörü,
- Dördüncü işlem, “DURULTUCU” için “Ağırlık Merkezi” yöntemleri kullanılarak sonuç elde edilmiştir.

Çıkarım ünitesinden gönderilen kontrol işaretinin sayısal bir değer haline getirilmesini sağlamaktadır. Çalışmamızda Berraklaştırma işlemi aşağıda kullanılan yöntem kullanarak yapmaktadır [10].

Merkez yöntemi, Şekil 3’ te gösterildiği gibi alan merkezi ya da ağırlık merkezi de denilen bu yöntem, çalışmamızda kullanılan yöntem olmasının yanında en

çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ağırlık merkezi Formül (2) kullanılarak hesaplanmaktadır.

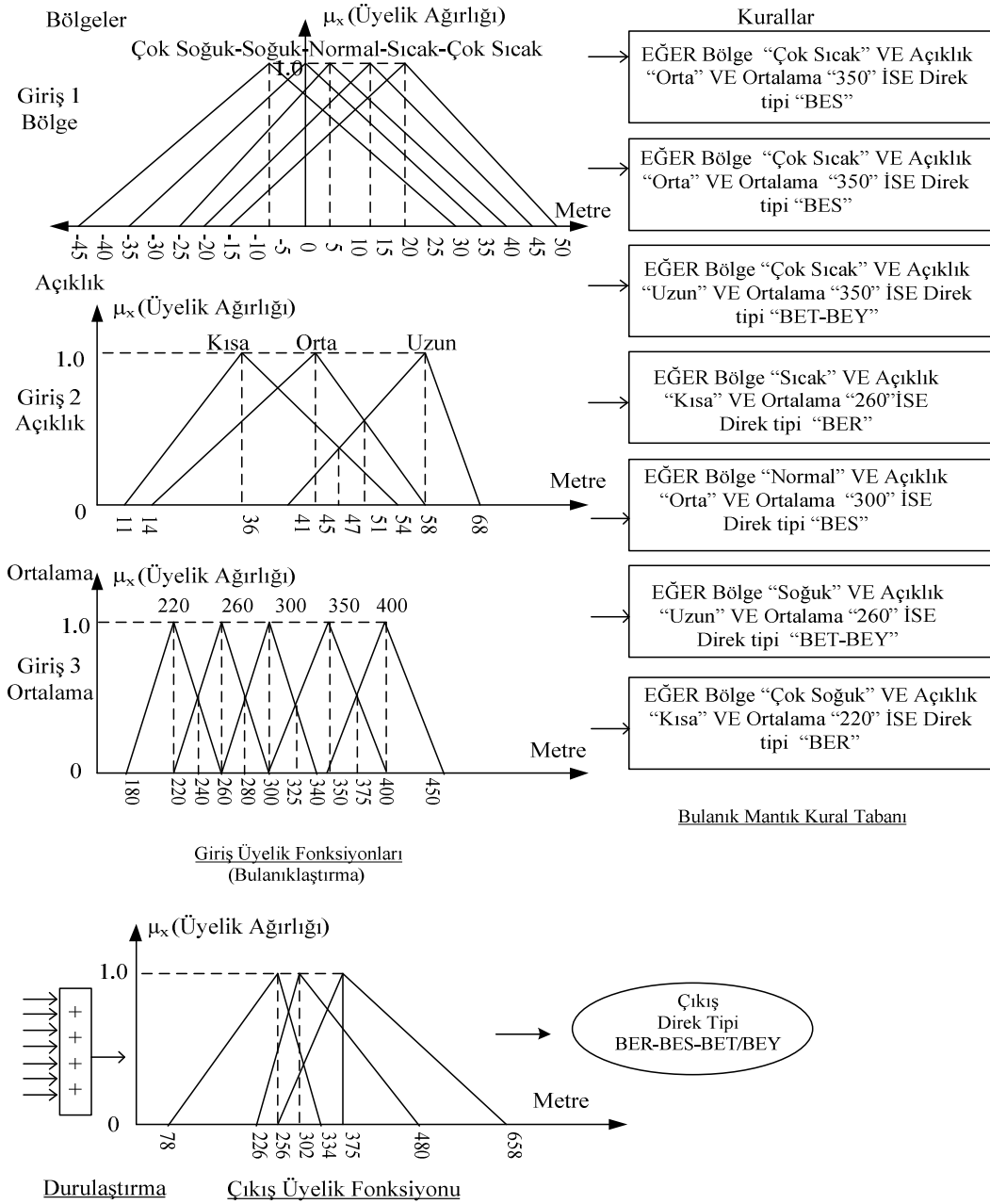
$$U = \frac{\int \mu(u)u.du}{\int \mu(u).du} \quad (2)$$



Şekil 3. Merkezi yöntemi ile Durulama işlemi

3.2. 3/0 AWG Taşıyıcı Direk Tipinin Bulanık Mantık İle Belirlenmesi

Hesaplamalar sonucunda Bulanık Mantık tabanlı yapılan sistemde uzman kişilerin deneyimlerinden ve matematiksel hesaplamalar elde ettiğimiz üyelik fonksiyonları Bulanık Mantık için girdi olarak kullanıp toplamda 3 adet girdinin alt basamakları ile birlikte toplam 45 girdi uygulanmıştır. Uygulanan 45 adet girdi sonucunda 45 kural oluşturulmuş ve bu kurallar değerlendirilip girdilere göre ideal direk tipi çıktı olarak elde edilmiştir.

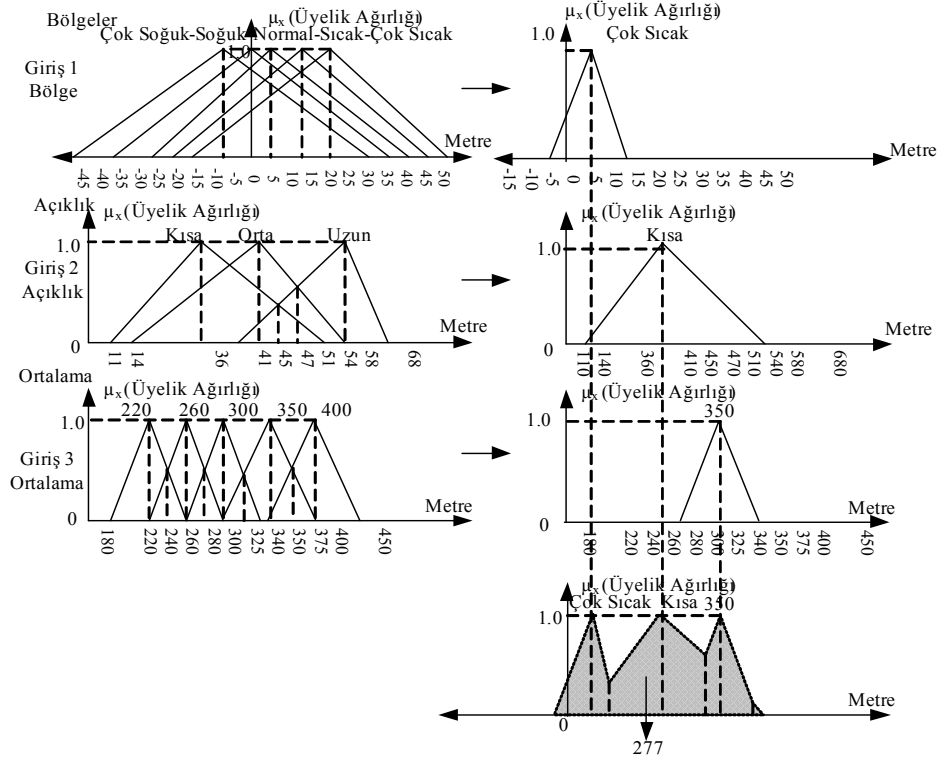


Şekil 4. Üyelik fonksiyonları ve Kural tabanı

Şekil 4'te, ideal taşıyıcı direk tipinin belirlenmesinde kullanılacak Bulanık Mantık Üyelik fonksiyonlarını, kural tabanı ve çıkış üyelik fonksiyonu gösterilmektedir.

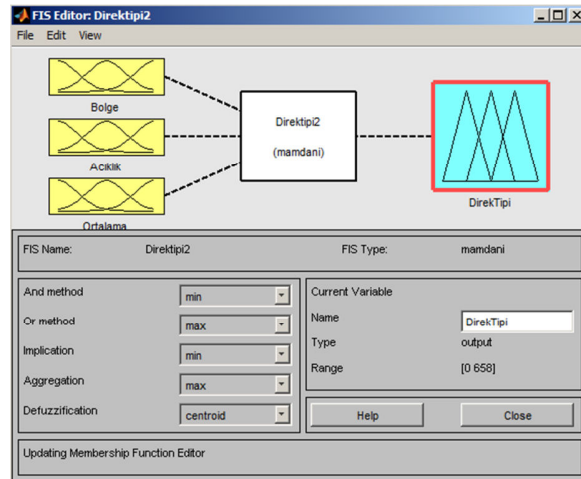
Burada, giriş üyelik fonksiyonları olarak, belirlenecek ideal direğin seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurlardan olan bölgesel sıcaklık faktörü kullanılan değerlerden bir tanesidir, diğer giriş üyelik fonksiyonu

ise direkler arasında kullanılacak açıklık mesafesidir, kullanılan son giriş üyelik fonksiyonu da direk arası ortalamadır. Tüm bu giriş üyelik fonksiyonları bulanıklaştırma işleminden sonra kural tabanındaki kurallara göre durulaştırma yapılıyor ve bu hesaplar belirlenmiş çıkış üyelik fonksiyonunda belirlenmiş aralıklarda değer elde edilir, elde edilen bu değer ideal direk tipinin belirlenmesinde kullanılır.



Şekil 5. Ağırlık Merkezinin 277 olarak hesaplanması

Tanımlı üyelik fonksiyonları, Matlab ile oluşturulmuş Bulanık Mantık şeması ve kural tabanı gösterimi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Matlab Bulanık Mantık Tasarım Şeması



Şekil 7. Matlab Bulanık Mantık Kural Tabanı ve 277 Sonucu

Örneğin Şekil 7 'de Kurallardan birincisi kullanılırsa, EĞER Bölge “Çok Sıcak” VE Açıklık “Kısa” VE Ortalama is “350” İSE Direk tipi “BER” şeklinde kural tabanına bağlı olarak çıkış elde edilir. Kesin çıktılar [78-334] arasında 277 olarak Bulanık Mantık ile hesaplanır ve bu sonuç Çıkış Üyelik fonksiyonunda yer alan bir “BER” direk tipi gösterecektir.

Aynı durum Şekil 7'de gösterildiği gibi, tasarlanmış sistemin kural tabanında da birinci kural kullanılırsa direk tipini BER olarak 277 sonucunu elde ederiz.

4. SONUÇ

Enerji üretim tesislerinde üretilen enerjinin, tüketicilere iletilmesinde kullanılan enerji nakil hatlarının maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle, planlama sırasında optimum bir çözüm bulunması gerekmektedir. Direk, iletken, izolatör, konsol ve travers maliyetleri, nakil hattının toplam maliyetinin en önemli etkenleridir. İletken boyu sabit olduğuna göre, toplam maliyeti etkileyecek en önemli faktör direk maliyetidir. Direk maliyeti de direk sayısına ve direk boyuna bağlıdır. Dolayısıyla direk sayısının ve tipinin en uygun şekilde belirlenmesi maliyet açısından büyük önem taşımaktadır.

İdeal direk tipini belirlemek için Bulanık Mantık sisteminden faydalanılmıştır. Giriş üyelik fonksiyonları olarak; farklı beş bölge sıcaklığı, direkler arası açıklık ve ortalama değerleri kullanılmıştır. Çıkış üyelik fonksiyonu da, yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen aralıklarda tanımlanmış direk tipi olarak tanımlanmıştır. Bulanık Mantık ile düşünen akıllı bir sistem tasarlanarak ideal direk tipi bu şekilde belirlenmiş

ve böylece ekonomik öneme sahip bir değer olan direk tespiti uygun değer şekilde gerçekleştirilmiştir.

5. KISALTMALAR

Δa_w	:Rüzgâr menzilleri
a_{ort}	:Ortalama Menzil
a_r	:Tek taraflı açıklık
T_n	:Çekme Kuvveti
a_s	:Sapma Açısı
3/0AWG	: 000 Piegon (Güvercin) iletkeni

KAYNAKLAR

- [1] Rao, G.V., “Optimum Designs for Transmission Line Towers”, **Computers & Structures**, Vol. 57, No. 1, 81-92, 1995.
- [2] Natarajan, K., Santhakumar, A.R., “Reliability-based Optimization of Transmission Line Towers”, **Computers & Structures**, Vol. 55, No. 3, 387-403, 1995.
- [3] Pamuk, N., “Sakarya İli Elektrik İletim Şebekesinin Matlab/Simulink Programı Kullanılarak Modellenmesi ve Analiz Edilmesi”, **Erciyes Üniv. Fen Bil. Ens. Dergisi**, Cilt. 27, No. 1, 19-39, 2011.
- [4] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, **Güzergah Etüdü, Plan – Profil Çizimi ve Direk Tevziyatı**, Direk Aplikasyonu Şartnamesi, 13–21, 2011.

- [5] Aygen, V., **Enerji İletim Hatları (Direkler) Ders Notları**, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fak. Ofset Baskı, 1990.
- [6] Yunusođlu, A., **Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları Proje**, Genç Büro Reklam Matb., 1995.
- [7] Zadeh, L.A., "Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and Its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic", **Fuzzy Sets and Systems**, Vol. 90, 111-127, 1997.
- [8] R.N., Mahanty., P.B. Dutta Gupta., "A fuzzy logic based fault classification approach using current samples only", **Electric Power Systems Research**, Vol. 77, 501-507, 2007.
- [9] Adam, J.F., Bradbury, J., Charman, W.R., Struct, M.I., Orawski, G., Vanner, M.J., "Overhead Lines-Some Apects of Design and Construction", **IEE Proceedings C (Generation, Transmission and Distribution)**, Vol. 131, No:5, 149-187, 1984.