

Havai Hatlarda Buzlanma Riskinin Hesaplanması ve Buzlanmanın Önlenmesine Yönelik Algoritma Geliştirilmesi ve Uygulaması

Calculation of the Risk of Icing on Overhead Lines and Development of Algorithm for Prevention of Icing

Hasan Yılmaz¹, Bora Alboyacı², Erman Terciyanlı³, Mustafa Daldal¹, Hande Bilican¹

¹Çoruh Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

hasany@aksa.com.tr, mustafa.daldal@aksa.com.tr, hande.bilican@aksa.com.tr

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
alboyaci@kocaeli.edu.tr

³T4E Enerji
erman.terciyanli@endoks.com.tr

Özet

Bu çalışmada, bir Ar-Ge projesi kapsamında OG dağıtım seviyesinde kullanılan havai hatlarda meydana gelen buzlanmanın önceden tahmin edilerek önlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen araştırma sonuçları sunulmaktadır. Bu araştırma kapsamında, sıcaklık, rüzgar hızı, rüzgar yönü, nem ve solar ışıma gibi ortam koşulları, tesis edilen hava gözlem istasyonu ile ölçülmüş, bu değerler ile iletken sıcaklığı ve buzlanma riski hesaplanmıştır. Buzlanma riskinin ortadan kaldırılabilmesi için yük aktarımı ve reaktör anahtarlama operasyonları gerçekleştirilmiştir. Buzlanma riskinin önüne geçilebilmesi için bir algoritma geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Buzlanma riski, Buz yükü, Algoritma geliştirilmesi

Abstract

In this study, in order to prevent the icing occurring on the overhead lines used at the MV distribution level within the scope of an R&D project, studies were carried out to prevent it. In these studies, ambient conditions such as temperature, wind speed, wind direction, humidity and solar irradiance were measured with the air observation station which was established and the conductor temperature and icing occurrence risk were calculated accordingly. Load transfer and reactor switching operations have been carried out to eliminate the risk of the icing. An algorithm has been developed to prevent the risk of icing on overhead lines.

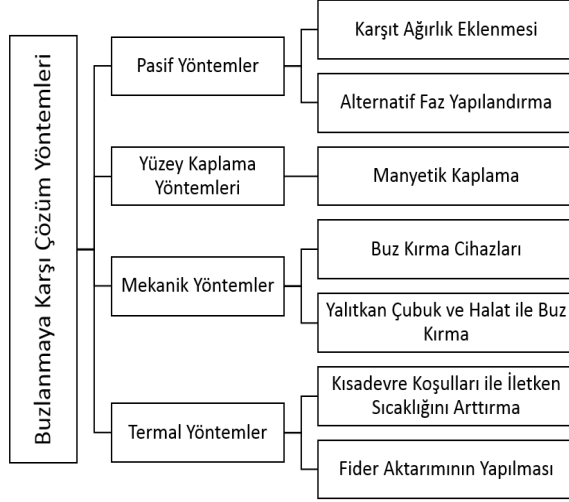
Keywords: Icing risk, Ice load, Algorithm development.

1. Giriş

Meteorolojik koşullar güç sistemleri bileşenleri üzerinde meydana gelen buzlanma olaylarında belirleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle enerji iletimi ve dağıtımında yaygın şekilde kullanılan havai hatlar üzerinde meydana gelen buz yükü son yıllarda çevresel koşulların değişmesiyle daha sık meydana gelmeye başlamıştır. Havai hat şebekelerinde; özellikle faz ve toprak iletkenlerinde buz yükü soğuk iklim bölgelerinde her zaman önemli sorun olarak ortaya çıkmaktadır [1]. Havai hatlarda meydana gelebilecek buzlanma ve buz yükünün olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için uygulanabilecek yöntemler buzlanmayı ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar ve buzlanma oluşumunu önlemeye yönelik çalışmalar olarak iki başlık altında incelenmektedir. Havai hatlarda buzlanmayı önlemeye yönelik çözüm yöntemleri Şekil 1'de verilmektedir.

Hessen tarafından yapılan çalışmada, Manitoba Hydro tarafından kullanılan iki yöntem kapsamlı olarak sunulmuştur [2]. Bu yöntemler haddeleme yapılarak buz kırma ve kısa devre koşullarının oluşturularak buzun eritilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu yöntemler büyük ölçüde ve pratik uygulamalar için kapsamlı ve yeterli olamamaktadır. Aktif kaplama ve cihaz destekli aktif yöntemlerin başında dielektrik kaplama ile iletken yüzeyinin kaplanması yer almaktadır [3]. İletken yüzeylerinin uygun dielektrik malzeme ve ferromanyetik materyal ile kaplanması sonucunda yüzey sıcaklığının donma noktasının üzerine çıkarılması ve böylece yüzeyde damlacıkların tutunması engellenmektedir. Bu yöntem için 50 Hz veya 60 Hz şebeke frekansı yerine 60 kHz gibi daha yüksek frekans kullanımı gerekmektedir. Bu nedenle yüksek frekans değerlerinin üretilmesi için

ekstra kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Mekanik yöntemler ile iletken yüzeyinde oluşmuş olan kar ve buz kütlelerinin dökülmesini hızlandırmaktadır. Mekanik yöntemlerde; iletken yüzeyindeki buzun kazınarak kırılması veya şok, titreşim dalgaları ile birlikte faz ve toprak iletkenleri üzerinden bertaraf edilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 1. Buzlanmaya karşı çözüm yöntemleri

Bu çalışmada havai hatlarda buzlanmanın önceden önlenmesi için meteorolojik tahmin verisi ile birlikte mevcut çalışma koşulları dikkate alınarak algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmaya bağlı olarak sayısal analizler güç sistemleri analiz yazılımında yapılmıştır.

Çalışmanın bu konuda yapılan diğer çalışmalardan en büyük farkı, meteorolojik verilerin yanı sıra Türkiye'deki dağıtım şebekesinin gerçek verileri kullanılarak hat üzerinde buzlanmanın önlenmesi için gerekli akım değerinin hesaplanması ve buna uygun çözüm yöntemlerinin sunulmasıdır.

2. Havai hatlarda buzlanma koşulları

Havai hatlarda meydana gelen buz yükü diğer elektrik arızaları gibi ani olarak gelişmeyip atmosferik ve iklimsel şartlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle elektrik şebekeleri için buz yükü öngörülebilir ve önenebilir bir yapıya sahiptir. Havai hatlarda buzlanma olayının oluşmasını ve buz yükünün ortaya çıkmasını etkileyen belirli faktörler bulunmaktadır. [4] no'lu çalışmada buzlanma olaylarının iletim hatlarında +2°C ile -3°C arasında olduğu belirtilmektedir. Bu koşullarda özellikle yağmur, sis ve kar gibi olaylardan sonra hava sıcaklıklarının düşmesi ile iletken yüzeyinde donma meydana gelmektedir.

[5] no'lu çalışmada ise Kanada'nın Quebec eyaletinde özellikle Mart ve Kasım aylarında uzun yıllar boyunca buzlanma koşullarının detaylı olarak incelemesi yapılmıştır. Bu eyalete kurulan test sisteminde -8°C ile -0,5°C arasında iletken yüzeyinde buzlanma meydana

geldiği görülmektedir. Özellikle -2°C sıcaklık değerinde buzlanma oluşmaktadır. [6] no'lu çalışmaya göre İtalya'da özellikle arazi koşullarının engebeli olduğu bölgeler dikkate alındığında kar yağışı ile birlikte hava sıcaklıklarının -0,5°C ile 2°C arasında olduğu iletim hatlarında buzlanma olayları meydana gelmektedir. -10°C'den itibaren nem miktarı çok düştüğünden buzlanma oluşmamaktadır. [7] no'lu çalışma ise Fransa'da kar yağışı olduğu durumlarda coğrafi yapıya bağlı ve hatların yüksekliği göz önünde bulundurularak +2,5°C ile 0°C aralığında buzlanma olaylarının meydana geldiği görülmektedir. Konu üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, havai hatlarda buzlanma olayının oluşması ve buz yükünün ortaya çıkmasını etkileyen temel etkenlerin nem, rüzgar, sıcaklık ve arazinin fiziksel yapısı olduğu görülmektedir.

3. Buzlanmanın tahmin edilerek önlenmesine yönelik algoritmanın geliştirilmesi

Havai hatların akım taşıma kapasitesinin belirlenmesinde, hattın soğumasını sağlayan çevresel etkenlerin payı büyüktür. Çıplak havai hatlar için akım ve çevresel şartlar ile sıcaklık arasındaki ilişki IEEE 738 [8] standardı içerisinde açıklanmıştır. İletken akımı ve çevresel şartlara bağlı olarak iletkenin sıcaklığı değişmekte ve bu da iletkenin belirli bir sıcaklıktaki dinamik hat yüklenmesi değerini etkilemektedir. Bir havai hat için kalıcı durumda ısı dengesi Denklem (1) ile hesaplanmaktadır [8].

$$q_c + q_r = q_s + I^2 \cdot R(T_{avg}) \quad (1)$$

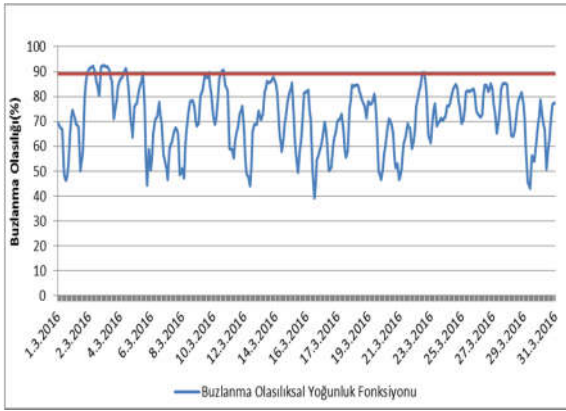
Denklemde; q_c rüzgar hızı, ortam sıcaklığı ve iletken sıcaklığının bir fonksiyonu olarak konveksiyon yoluyla ısı kaybını, q_r ortam ve iletken sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ışımaya ile ısı kaybını, q_s solar ışımadan dolayı kazanılan ısıyı, $I^2 \cdot R(T_{avg})$ ise hat akımından dolayı kazanılan ısıyı göstermektedir.

Denklem (1) yardımıyla, verilen ısı dengesi kullanılarak hattı istenilen sıcaklık değerlerinde tutabilmek için gereken akım değeri hesaplanabilir. Ancak denklem ile hesaplanacak değerlerin doğruluğu için diğer tüm parametrelerin de doğru şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda ortam koşullarına bağlı parametrelerin ölçülebilmesi için bir hava gözlem istasyonu tesis edilmiştir.

Hava istasyonundan alınan rüzgar hızı, rüzgar yönü, ortam sıcaklığı, nem ve solar radyasyon bilgileri ile hat akımı verisi kullanılarak hattın buzlanma riski hesaplanmış ve buzlanma riskinin belirli bir değeri aşması durumunda olası buzlanmanın önüne geçilebilmesi için algoritma geliştirilmiştir.



Şekil 2. Tesis edilen hava gözlem istasyonu



Şekil 3. Hesaplanan buzlanma riski değerleri

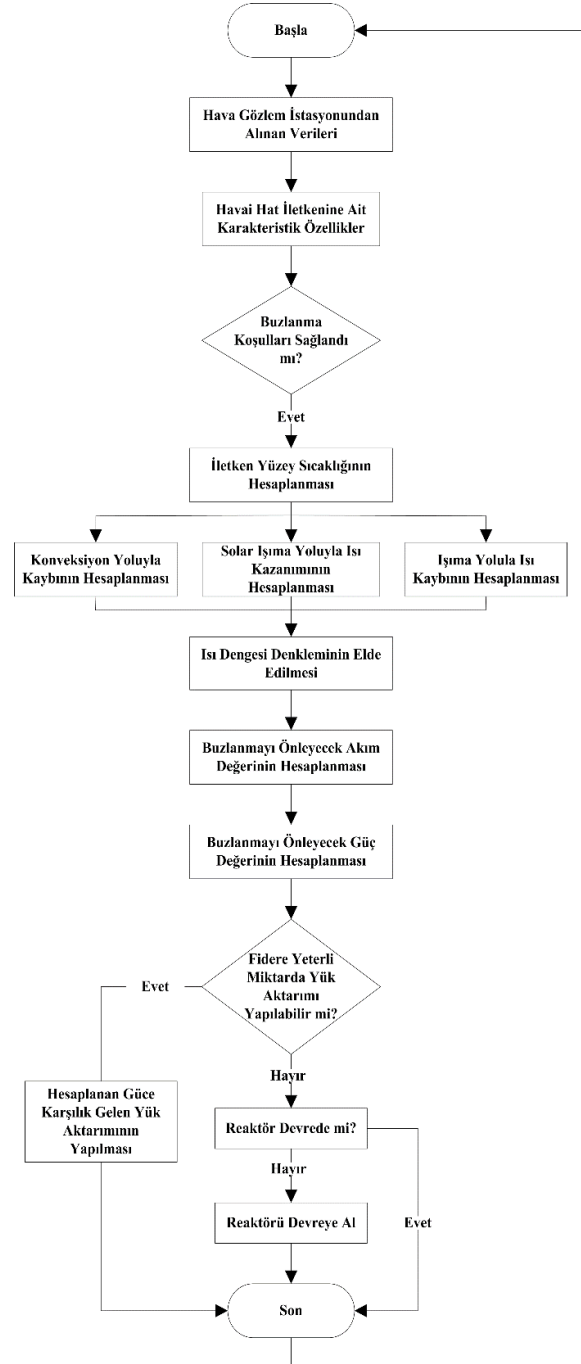
Buzlanmanın, risk oranının 90% değerini aştığı durumlarda gerçekleştiğinin saha ziyaretleri ile doğrulanmış olması sebebiyle, buzlanmanın önlenmesine yönelik çalışmaların başlatılması için sınır değeri 90% olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Belirlenen risk sınırını aşan durumlarda iletkenlerde meydana gelen buzlanma

Ortam sıcaklığı ve solar ışıma gibi değişkenlere etki edilemeyecek olması sebebiyle, buzlanmanın önüne geçebilmek için iletken sıcaklığının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da ancak hat üzerinden geçen akımın artırılması ile mümkündür. Bu kapsamda geliştirilen algoritma içerisinde ilk adım olarak şebeke içerisinde gerçekleştirilecek anahtarlama operasyonları ile hat

akımının artırılması yöntemine başvurulmuştur. Anahtarlama operasyonları ile fider üzerine aktarılacak yükün gereken miktardan az olması durumunda ihtiyacın karşılanabilmesi için fider üzerinde şönt reaktör tesis edilerek ihtiyaç duyulan akımın reaktif yönden sağlanması yoluna gidilmiştir. Fider üzerinde meydana gelebilecek buzlanmanın önüne geçilebilmesi için geliştirilen algoritma Şekil 5'te özetlenmektedir.



Şekil 5. Buzlanmanın önceden tespit edilebilmesi ve önlenmesine yönelik olarak geliştirilen algoritma

Geliştirilen algoritmada meteorolojik tahmin verileri ve hava hatlarına ait verilere bağlı olarak buzlanmanın

oluşmaması için gerekli akım miktarı hesaplanmaktadır. Mevcut durumda hattan akan akım değeri; buzlanmanın önlenmesi için gerekli olan akım değerinden büyükse hatta buzlanma oluşmamakta olup; küçükse hatta buzlanma riski meydana gelebilmektedir. Buzlanma koşullarının sağlandığı zamanlarda fider aktarımı veya reaktörün devreye alınarak hattan akan akım değeri artırılarak buz yükünün iletken yüzeyinde tutunması engellenebilmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada orta gerilim seviyesindeki dağıtım hatlarında buzlanmanın önceden tespit edilmesi ve önlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında buzlanma riskinin hesaplanması ve riskin belirlenen sınır değeri aşması durumunda buzlanma riskinin ortadan kaldırılabilmesi için iletken yüzey sıcaklığının hesaplanarak, gerekmesi durumunda yüzey sıcaklığının artırılması için yük aktarımı ve reaktör anahtarlamaları uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan buzlanma riski değerlerinin sınır değerleri aştığı durumlarda buzlanmanın meydana geldiği saha ziyaretleri ile doğrulanmıştır. Havai hatlarda buzlanma riskinin ortadan kaldırılmasına yönelik olarak geliştirilen algoritma da çalışma içerisinde paylaşılmıştır.

5. Teşekkür

“OG Havai Hatlarda Buzlanmanın Önceden Tespit Edilmesi ve Önlenmesi İçin Algoritma ve/veya Ürün Geliştirilmesi” isimli Ar-Ge projesi kapsamında verdiği desteklerden dolayı T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’na teşekkürlerimizi sunarız.

6. Kaynaklar

- [1] Farzaneh, M. (Ed), *Atmospheric icing of power networks*, Springer, 2008.
- [2] Hesse, K.H., “The Management of Devastating Ice Storms”, *4th Proc. of the international workshops of atmospheric icing of structure (IW AIS 1988)*, 1988, 330-334.
- [3] Laforte, J.L., Allaire, M.A., Laflamme, J., “State-of-the Art on Power Line De-Icing”, *Atmospheric Research*, vol. 46, 143-158, 1998.
- [4] Merrill, H.M., Feltes, J.W., “Transmission Icing: A Physical Risk with a Physical Hedge” IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006.
- [5] Savadjiev, K., Farzaneh, M., “Modeling of Icing and Ice Shedding on Overhead Power Lines Based on Statistical Analysis of Meteorological Data”, *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 19, 715-721, 2004.
- [6] Freddo, A., Ottino, G., Posati, A., Rebolini, M., “Wet-Snow Accretion on Conductors: The Italian Approach to Reduce Risks on Existing OHL”, *e-CIGRE*, 2012.
- [7] Dalle, B., Admirat, P., “Wet Snow Accretion on Overhead Lines with French Report of Experience”, *Cold Regions Science and Technology*, vol. 65 (1), 43-51, 2011.

- [8] IEEE Standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors, IEEE Std 738-2013, 2013.