

Enerji Dağıtım Sistemlerinde Esnek İletken ile Solid İletkeni Birleştirme Tertibatı

Hıdır GÖĞÜLTER¹, Şule KAPKIN^{2*}, Aziz SEZGİN³

^{1,2,3}Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0001-9905-2748>

²<https://orcid.org/0000-0003-4951-7089>

³<https://orcid.org/0000-0001-6861-5309>

*Sorumlu yazar: skapkin@iuc.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 05.09.2023

Kabul tarihi: 27.10.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

BusBar

Direnç ve kayıplar

Elektrik iletimi

Elektrik dağıtımı

Termal Genleşme

ÖZ

Bu çalışmada ısı enerjisi etkisiyle busbar sisteminde bulunan malzemelerin uzamasının yatay hat sistemi üzerinde oluşturduğu mekanik gerilmeleri dengelemek için kullanılan yatay dilatasyon modülünün elektriksel ve konstrüksiyon olarak iyileştirilmesi ele alınmıştır. Dilatasyon modülleri busbar sistemlerinin mekanik gerilmelerini almak için içerisinde esneme kabiliyeti bulunan malzemeler bulundurulur. Esneme kabiliyeti olan bu malzemeler aynı zamanda kesintisiz olarak elektrik akımını da iletmelidir. Çalışmadaki temel amaç kayıpları en aza indirerek enerji verimliliğini artırmaktır. Günümüzde kullanılan dilatasyon modüllerinden farkı esnekliği sağlayan modülün içerisindeki elektrik iletimi sağlayan bölümde ilave malzeme kullanılmadan yapılmasıdır.

Flexible Conductor to Solid Conductor Junction in Energy Distribution Systems

Research Article

Article History:

Received: 05.09.2023

Accepted: 27.10.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

BusBar

Resistance and losses

Electricity transmission

Electricity distribution

Thermal Expansion

ABSTRACT

In this study, the electrical and constructional improvement of the horizontal dilatation module used to compensate the mechanical stresses on the horizontal line system caused by the elongation of the materials in the busbar system due to the effect of heat energy is discussed. Dilatation modules contain materials that have the ability to stretch in order to take the mechanical stresses of busbar systems. These stretchable materials must also transmit electric current without interruption. The main objective of the study is to increase energy efficiency by minimizing losses. The difference from the dilatation modules used today is that it is made without the use of additional materials in the part of the module that provides electrical conduction in the module that provides flexibility.

To Cite: Göğülter H., Kapkın Ş., Sezgin A. Enerji Dağıtım Sistemlerinde Esnek İletken ile Solid İletkeni Birleştirme Tertibatı. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 499-510.

1. Giriş

Enerji dağıtım sistemleri, üretilen elektrik enerjisinin akım ve voltaj ayarlamaları yapılarak son kullanıcıya ulaştırılması amacıyla yapılan sistemler bütünüdür. Enerji dağıtım sistemleri kullanıldığı yere göre farklı özellikler taşır. Kullanım gerilimine ya da kullanım amperinin değerine göre adlandırılabilir. Gerilim olarak alçak gerilim, orta gerilim ve yüksek gerilim şeklinde sıralayabiliriz. Akım değerine göre ise düşük akım orta akım ve yüksek akım olarak adlandırılır.

Elektrik sistemlerinde 1000 V geriliminin altındaki değerde çalışma gerilime sahip olan sistemler alçak gerilim sistemleri olarak adlandırılır. Bu alandaki alışmalar IEC 61439-6 standardına göre yapılır test edilir ve sertifikalandırılır. Alçak gerilim standardına (IEC 61439-6) göre elektrik iletiminde ve dağıtımında ne çıkan busbar sistemi ve kablo uygulamaları kullanılmaktadır. İki sistemde temel amacı elektrik enerjisini bir noktadan diğer bir noktaya iletmektir. Bu çalışmada ele alacağımız sistem, busbar enerji dağıtım sistemleri, kablonun yerine kullanılan oldukça geniş bir kullanıma sahip olan ile ilgilidir. Busbar Trunking System (BTS) ya da kısaca Busbar olarak adlandırılan bu sistemin amacı kablonun getirmiş olduğu zorlukları ortadan kaldırarak modüler bir yapı oluşturmaktır.

Busbar'ın popüler hale gelmesindeki temel özellikler projeye özel modüler hızlı çözümler sunabilmesi, saha montaj maliyetlerini dşurmesi oldukça güvenli ve endüstriyel elektrik kullanımı için uygun alt yapısının olmasıdır. Busbar yüksek elektriksel ve mekanik dayanıma sahip ürünlerden oluşan modüller bütünüdür. (IEC 61439-6 ; Burali ve ark., 2014; Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023)



şekil 1. Busbar Modülleri- 1



şekil 2. Busbar Modülleri- 2

Elektrik akımı geçtiği iletken, iletken öz direncine bağlı olarak ısı enerjisi ortaya çıkartmaktadır. Ortaya çıkartmış olduğu ısı enerjisi sistemin ısınmasına sebep olmaktadır. Isı enerjisi de etki ettiği her metal ve metal olmayan malzemeleri genişmeye itmektedir. Busbar'ın yapısında kullanılan malzemelerde, doğada bulunan her malzeme gibi ısı etkisiyle uzama meydana gelir. Hattın içindeki her modüldeki uzamalar birleşerek genel hat üzerinde mekanik gerilmelere sebep olur. rnlerin askı üzerinde sabitlenmesi gerekmektedir. Bu durumda termal genişme iki sabitleme arasında modülleri zorlama etkisi gösterir. Bu etkinin ortadan kaldırılması için dilatasyon modülleri kullanılır. Yatay hat uzamalarında uzamayı kompanse etmek için kullanılan dilatasyon modüllerinin iç kısmında rijit iletken ile esneme kabiliyeti gösteren diğer bir malzeme birbirlerine bağlanır. Bu koşullarda

birleştirilen iletkenler kesintisiz elektrik iletim hizmeti vermektedir. Sistemin uzama gerilmesini önümlenmek için mevcut sistemlerde iki farklı çözüm bulunmaktadır. Bu çözümlerden birincisi blok ekle birleştirme yöntemidir. İkinci çözüm ise cıvata somun bağlantısı yapılmasıdır. Bu çalışmada dilatasyon modüllerinin iletkenlerinin rijit ve esnek elemanının ilave malzemesiz montaj gerektirmeden sürtünme kaynağı teknolojisi kullanılarak yapılması amaçlanmıştır.

Blok ek ile yapılan birleştirme çözümü busbar sisteminin temelinde bulunan her faz için yardımcı ikişer levha bulunan eklenecek elemanlar yerleştirildikten sonra blok ek saplaması sıkılarak tüm fazların yüzey temasları ile iletkenlik sağlaması beklenir bu özellik modüler ürün bağlantısından gelmektedir. Modüllerin birbiri ile geçişi blok ek ile yapılır. İletkenlerin biri lama iletken iken diğeri esnek iletken bir elemandır. Birbirine eklenen standart bir modül gibi davranır ve 3 farklı bölüm tek bir modül gibi davranırılarak üzerine koruma sağlanarak modül tamamlanır. (Burali ve ark., 2014; Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023)

Cıvata somun bağlantı yöntemi bilinen en eski yöntemlerden biri olup iki bileşenin de ortasında delikler delip bu deliklerden uygun cıvata somun ve gevşememesi için çanak pul veya tırtıklı pul kullanılarak oluşturulan iletkenlerin birer yüzeyinden temas sağlanan yöntemdir (Tzeneva ve ark., 2006). Bu yöntemde de iletkenin birisi lama iletkeni diğeri esnek iletken eleman olarak seçilir.

Bu çalışmada anlatmak istediğimiz yöntem ise sürtünme kaynağı yardımıyla birbiri içerisinde malzemelerin karışması esasına dayanan yöntemdir. Malzemelerin birbiri içerisine karışması bizlere ilave malzemesiz moleküler düzeyde birleşme ve gevşeme riski olmayan bir bağlantı sunmaktadır. (Tzeneva ve ark., 2010; Kaçar ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2020; Mypati ve ark., 2023; URL 2., 2023)

2. Elektrik Dağıtım Sistemi Busbar

Busbar sistemi ilk olarak 1930'lu yıllarda gökdelenlerin ortaya çıkması ve fabrikalarda üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte inşaat sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak için Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa ülkeleri ve Japonya 1950'li yılların başında bu sistemi kullanmaya başlamış, ancak 1970'li yıllarda EAE Elektrik A.Ş. kendi üretimine başlamış ve Türkiye'de busbar sistemlerinin kullanımı başlamıştır.

Elektrik enerjisinin iletiminde yoğun olarak kablo uygulaması yapılırken; enerji ihtiyacı, modülerlik, gerilim düşümü, işletme maliyeti, bakım ve kullanım kolaylıkları alçak gerilim busbar sistemini ortaya çıkartmıştır. Busbar sistemleri yüksek akım taşıma kapasitesine sahip, modüler sistemler olup birbirlerine kolayca eklenebilen, istenilen bölgeden çıkış imkânı sağlayan, kullanılacağı ortama özel koruma seçenekleri sağlayabilen sistemlerdir.

Busbar endüstriyel uygulamalarda oldukça yüksek oranda kullanımı olan sistemi karmaşık bağlantılardan korunurken yüksek izolasyon, kısa devre değerleri bulunduran kullanılacağı ortama göre IP (ingress protection) değeri bulunan, işletme maliyetini düşüren bir uygulamadır. Busbar modüler

yapısı sayesinde bütün modüller birbirine ek modülü sayesinde montajlanabildiği için kablo eklemesinde yapılan uygulamadaki kablo ucu soyma birleştirme işlemleri gibi uzmanlık gerektirmeyen montaj alt yapısı sunar. Kişi bazlı hataları ortadan kaldırır işçilik maliyetlerinin düşmesini sağlar. Ek modülü üzerinden ya da plug in noktaları üzerinden çıkış almak mümkün olduğu için hat üzerinde ihtiyaç duyulan bölgelerden çıkış alınır. Busbar sistemlerinin dış gövdesi metal ya da metal olmayan koruyucu bir kılıf içerisinde izole edilmiş baralar vasıtasıyla elektrik enerjisini iletmektedir. (IEC 61439-6)

Genel uygulamalarda busbar sistemleri alternatif akımlı elektrik sistemlerinde, N L1 L2 L3 ve isteğe bağlı olarak PE ya da CPE iletkenlerini içinde barındıran metal, alüminyum ya da cast resin gövdeye sahip olan sistemlerdir. Alternatif akımda kullanıldığı gibi doğru akımlı sistemlerde de kullanılması bir sorun teşkil etmemektedir. Busbar sistemleri içlerindeki izolasyona ve/veya yapısına göre hava aralıklı, kompakt, cast resin busbar olarak ayrılırlar. İletkenler bakır ya da alüminyum malzemeden olabilmektedir.

Busbar modüllerinin IEC (Avrupa, Asya) ve UL (Amerika, bazı Asya ülkeleri) standartlarına, ürünün kullanılacağı ülkeye göre uygun olmalıdır. Standartlarda ürünlerin kısa devre, sıcaklık artışı, IP, mekanik darbe dayanımı değerlerinin nasıl olacağı ile ilgili testler ve hesaplamalar belirtilmiştir.

3. Busbar Sistemlerinde Termal Uzama ve Sonucunda Oluşan Mekanik Kuvvet

Busbar sistemlerinde oluşan termal uzamayı anlamak için öncelikle termal genleşme nedir sorusunu yanıtlamak gerekir. Bir cismin sıcaklığındaki bir değişim neticesinde hacminde değişim olmasını meydana getiren durumdur. Her malzeme ısı ile şekil ve boy değişikliğine uğrar. Bu etkiler uzun hatlarda daha sık ve rahat görülür, bu uzamalar sisteme yüksek oranda mekanik yük bindirir. Uzun sistemlerde örneğin tren rayları ve elektrik kabloları güneşten almış oldukları ısı neticesinde özellikle yaz aylarında boylarında değişim meydana getirerek sistem üzerine mekanik yük bindirirler. Busbar sistemlerinde de ısıl genleşme ve kuvvetler çok önemlidir. Dikkat edilmez ise ciddi sorunlara neden olabilir. Elektrik sistemlerinde en ufak hatanın insan hayatına doğrudan etki edeceği büyük kazalara can ve mal kayıplarına yol açacağı unutulmamalıdır. Zamanla yorulma ve kısa devreye dönüşme riskleri barındırır. Elektrik dağıtım hatları elektrik enerjisi iletken üzerinden akarken iletkenin öz direnci sebebiyle ısı üretir ısı üreten sistemler de diğer sistemler gibi içinde bulundurduğu bileşenlerinin fiziksel boyutlarını değiştirir. Bu nedenle önlem alınması gerekir. Aksi takdirde bağlantılarda, askılarda ve dönüş modüllerinde de büyük stres oluşur. Bu stresler kimi zaman hat üzerinde yamulmalara kimi zaman ise kısa devre oluşup sistemin zarar görmesine sebep olur.



Şekil 3. Termal kuvvete maruz kalmış busbar

How EAE Expansion - Dilatation module works

Normal Situation

5 cm expansion capability

30 degree torsion capability

R&D

EAE BUSBAR CALCULATIONS FOR THERMAL EXPANSION AND FORCES

Thermal Expansion

$$\Delta L = \alpha \cdot L1 \cdot \Delta T$$

ΔL	mm	Expansion
α	1/°C	Expansion Const.
L1	mm	Length (mm) at First Temp.
ΔT	°C	(Last Temp. - First Temp.)

Thermal Force

$$F = \epsilon \cdot A \cdot (\Delta L / L)$$

F	N	Thermal Force
ϵ	N/m ²	Elastic Modulus (Young's Modulus)
A	mm ²	Cross Section

KBC BUSBAR
Conductor : E-CU %99.95 purity
Housing : Sheet metal

KBC BUSBAR		THERMAL EXPANSION	THERMAL FORCE
α (steel)	0,000011	Copper ΔL	F Copper
α (copper)	0,000017		
α (aluminium)	0,000023	2,907 mm	81396 N
L1 (mm)	3000		
T1 (first temp.)	23		
T2 (last temp.)	80		
ϵ (steel)	2E+11	Housing ΔL	F Housing
ϵ (copper)	1,2E+11		
ϵ (aluminium)	7,E+10		
A1 (Copper)	busbar	1,881 mm	121387,2 N
A2 (Housing)	busbar		
A1 = (7x 100)	700 mm ²		
A2 = (Housing)	968 mm ²		

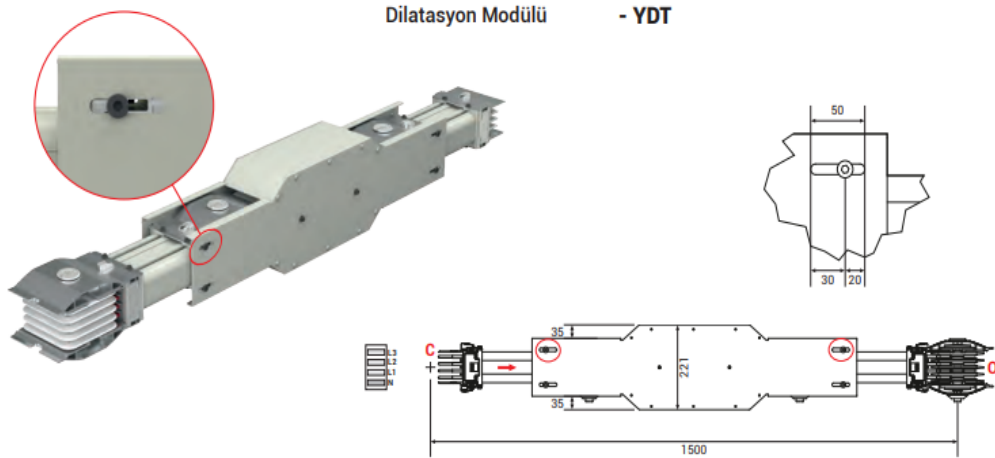
From EAE catalog

R&D

Şekil 4. Termal kuvvet hesaplama

4. Dilatasyon Modülü

Busbar sistemleri iletkenlerin içerisinde akım aktıkça, iletkenin öz direnci ve iletkenin boyutsal kapasitesi etkenleriyle ısınır. İletkenin ısınması, ısı transferiyle gövdeyi ısıtır. Bu durumda sistemdeki her bir parça ısınır. Bu ısınmalara ek olarak sistemin bulunduğu ortam sıcaklığı da gece ve gündüze mevsim geçişlerine bağlı olarak sıcaklık farklılıkları gösterecektir. Tüm bu koşulları dikkate aldığımızda busbar sisteminin boyutları uzama yönünde etki gösterir. Bu uzamanın genel elektrik sistemine ve askılama sistemine zarar vermemesi için belli aralıklarda dilatasyon modülü kullanılmalıdır. Busbar projelendirilmelerinde 40-50 m 'de bir yatay dilatasyon modülü kullanıp buradaki ortalama toplam 35 mm uzamanın kompanse edilmesi beklenir. Dilatasyon modülleri sistemin uzamasını kendi içine alarak sistemde herhangi bir ısıdan kaynaklı mekanik yük oluşmasını engeller. (Kalane ve ark., 2018; URL 1.; Tzeneva ve ark) Dilatasyon modüllerinin iç yapısını incelediğimizde modüler yapının devamı için başlangıcında ve sonunda rijit iletkenler ortasında ise esneme kabiliyeti gösteren, esnek iletken elemanı olarak adlandırılan bakır malzemeler bulunur. Mevcut uygulamalarda bu geçiş blok ek modülü veya cıvata somun bağlantısı ile yapılmaktadır.



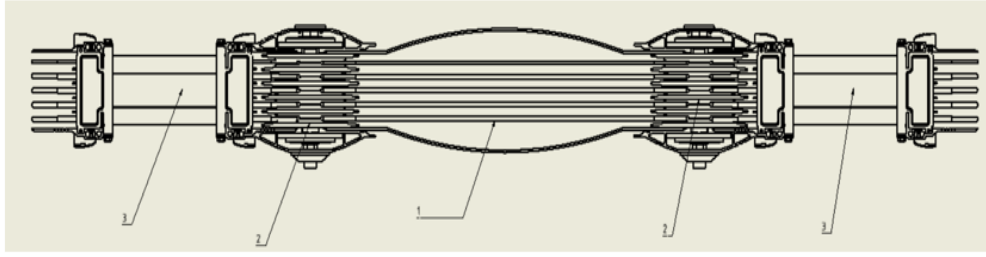
Şekil 5. Termal kuvvete maruz kalmış busbar

5. Modül Birleştirme Şekilleri

5.1. Blok Ekli Dilatasyon Modülü

Blok ekli bağlantıda blok ekin bir ucuna rijit iletken diğer ucuna ise esneme kabiliyeti gösteren iletken takılır. Esnek iletkenin diğer ucu içinde aynı işlem Şekil 6'da olduğu gibi rijit eleman bağlantısı blok ek ile gerçekleştirilir. Blok ek, çalışma şekli olarak iletkenin her iki yüzeyine de baskı yaparak yüzey alanını arttıran diğer faz iletkenleri arasına izolatör yerleştirilerek elektriksel yalıtıklık sağlanıp bir saplama sistemi ile tüm iletkenlerin yüzeylerinden geçiş almayı sağlayan modüldür. İletken yüzeylerindeki direnç busbar sistemi için en büyük çözülmesi gereken etmenlerin başındadır. Blok ek noktasında basınç değeri ile geçiş direnci ters orantılı olarak değişir. Basınç arttıkça direnç düşmektedir. Bu ilişki lineer değil parabolik bir eğri oluşturur. Birbiri üzerine gelen bölümlerde kontak basıncının eşit şekilde dağılmış olması gerekmektedir. İletkenin kontak yüzeyindeki basınç, lineer olarak sağlanmalıdır. Bu sistemin basıncının lineer şekilde aynı kalması için yaylı plakalardan

aydalanılır. Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip B olarak belirtilmiştir. Rijit iletkenler 6x110 tam radüslü bakır lamalardan seçilmiştir. Esnek iletken elemanlar ise 6x110 0,4 kalınlığında 15 adet bakır esnek iletken levhadan oluşmaktadır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir.



- 1- Esnek eleman
- 2- Blok ek
- 3- Busbar

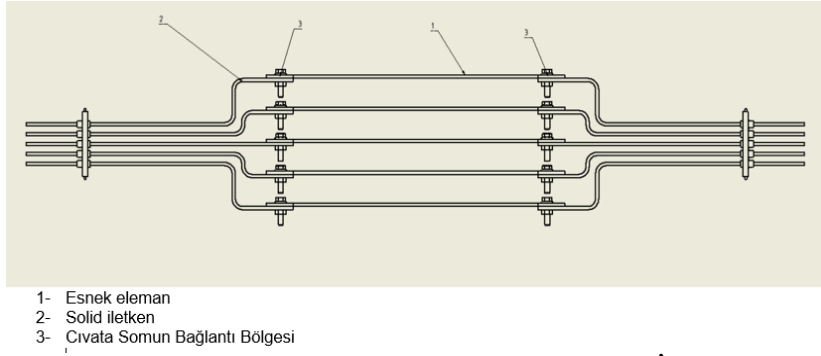
Şekil 6. Blok ekli dilatasyon modülü (TİP B)

Dilatasyon modülü içerisinde fazlardan ek modüllerinin kullanılması maliyeti arttırdığı gibi ekstra olarak kontrol edilmesi gereken bir bölüm oluşturur. Sistem içinde yıllar içinde bakım gerektirir. Yapılması büyük işçilik maliyetleri getirir.

5.2. Cıvata Bağlantılı Dilatasyon Modülleri

Cıvata somun bağlantılı dilatasyon modülleri, rijit iletken ile esnek iletkenin üzerinde iletken kesitine uygun konumlarda delik veya delikler bu deliklerden cıvata somun bağlantısı yapılması esasına dayanır. Bu bağlantılar çanak pul veya tırtıklı pul ile gevşemeye karşı dirençli hale getirilir. Bu modelde Şekil-7’de görüleceği üzere iletkenler tek yüzlerinden temas alırlar. Sonuç olarak iki yüzeyden baskı ve kontak sağlayan blok ekli sisteme göre geçiş direncinin daha yüksek olmasına sebep olur. Cıvata-somun bağlantısı nedeniyle yalıtım mesafesine dikkat edilmesini gerektirir. Rijit iletkenler 6x110 tam radüslü bakır lamalardan seçilmiştir. Esnek iletken elemanlar ise 6x110 0,4 kalınlığında 15 adet bakır esnek iletken levhadan oluşmaktadır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir.

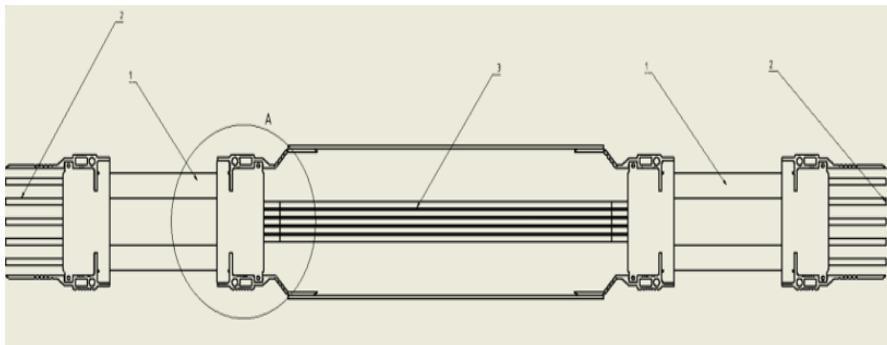
Yalıtım mesafesinin sağlanması iletkenlerin arasının açılmasıyla mümkün olacaktır. Bu boşlukların desteklenmesi fazlardan malzeme sarfiyatını arttırdığı gibi, iletkenlerin birbirinden uzaklaştırılması empedans değerini etkilediği bilindiği için gerilim düşümünü etkileyerek elektriksel kayıplara sebebiyet verir. (Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023) Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip C olarak belirtilmiştir.



Şekil 7. Cıvata bağlantılı dilatasyon modülü (TİP C)

5.3. Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş İletkenli Dilatasyon Modülü

Bu çalışmada yukarıda söz edilen iki yönteminde zayıflıklarını ortadan kaldıracak bir yöntem ele alınacaktır. Lama iletken ile esnek elemanın sürtünme kaynağı ile ilave malzeme gerektirmeden birleştirilmesi, geçiş direncini düşürecek, bakım gerektirmeyecek, iççilikleri ortadan kaldırmaktadır. Üretim kalitesi insan hatalarından uzaklaştırılıp makinesel çözümlere çevirmektedir. İletkenler arasında sadece yalıtım malzemesi bulunması sebebiyle gerilim düşümü minimize edilmiş olacaktır. Fazlar birbirine maksimum derecede yaklaşacağı için empedans değeri optimum seviyelere ulaşmıştır. Busbar sisteminde genel olarak 6 mm kalınlıklı iletkenler tercih edilmektedir. Bu çalışmada da rijit iletken bakır malzemeden kalınlığı 6 mm genişliği ise 110 mm olarak alınmıştır. Bu iletken kesitine uygun esnek iletken bakır malzemeden 0,4 mm kalınlığında 15 adet 110 mm genişlikli her iki uç gümüş nitrat kaynaklı bakır yaprak esnek iletken elemanı alınmıştır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir. Bu iki malzeme CNC makinaya bağlanan ergitme karıştırma ucu ile kaynak yapılmıştır. İşlem esnek elemanın diğer ucu içinde yapılmıştır. Son durumda Şekil 8’de görüleceği gibi ortası esneme kabiliyeti içeren iki ucu rijit bir iletken elde edilmiştir. Kaynak kalitesi için yeni ürünler bükme testine sokuldu herhangi bir kaynak kopması gözlemlenmedi. (Tzeneva ve ark., 2010; Kaçar ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2020; URL 2., 2023). Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip F olarak belirtilmiştir.



Şekil 8. Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş dilatasyon modülü (TİP F)

6. Sonuç

Mevcut üretimde kullanılan ürünlerde temel sorunlar bakım maliyeti gereksinimi, elektriksel kayıplar, yüzey geçişlerinden kaynaklı verim düşümü sorunları giderilmeye çalışılmıştır. Yeni iletken malzemenin oluşturduğu sistem elektriksel olarak mevcut yöntemlere oranla herhangi bir kayıp yaşatmamalıdır. İletkenlikle ilgili yapılan araştırmalarda da bilindiği üzere özdirenç birim uzunluk ve kesit alana sahip bir iletkenin elektrik akımına karşı ne ölçüde direnç gösterdiğinin bir ölçüsüdür. Özdirenç iletkenin geometrik ölçülerinden bağımsız bir büyüklük olup, sadece iletkenin yapıldığı maddenin özellikleriyle ilgilidir. Bir elektrik sisteminde sistem en az iletkenin öz direnci kadar kayıp yaşayacaktır. Pratikte olanı deneysel olarak kanıtlanması için üç farklı durum için hazırlanmış olan numuneler test edilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü üzere iyileşme kaydedilmiştir. Test yapılırken proplar arası mesafe 1m olarak belirlenmiştir. Esnek iletken malzemenin her iki geçiş bölgesi de ölçüm içinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan testler 23 °C sıcaklıkta 1 atm basınçlı laboratuvar koşullarında 60 sn süreyle ölçülmüştür. Türkak onaylı EAE Test Lab ‘da gerçekleştirilmiştir. Test ölçümünde, Metrel 100 A DC Direnç Ölçme Cihazı kullanılmıştır.



Şekil 9. Metrel 100 A DC Direnç Ölçme Cihazı

Tablo 1. Dilatasyon birleştirme yöntemlerinin direnç karşılaştırması

Ölçümler	Tip-F ($\mu\Omega$)	Tip-B ($\mu\Omega$)	Tip-C ($\mu\Omega$)
1	22,5	24,4	25,5
2	22,3	25,3	26,2
3	22,6	24,3	25,5
4	22,6	26	24,9

5	22,4	25	25,4
ORT.	22,5	25	25,5

-Arada ilave malzeme olmaması ve birbirleri arasına yüzey temasıyla değil malzemenin bir bütün gibi davranarak geçiş yaptığı için direnç değerleri düşük çıkmaktadır. Geçiş direnci düştüğü için daha az ısınma ve daha az kayıp yaşanacaktır.

-Malzemelerin yüzey kirliliği sebebiyle oluşabilecek hatalar ortadan kalkmıştır. Yüzey temaslı işlemlerde saha koşullarında mevcut üretim yöntemlerinin etkisiyle toz ve kirlilik bulunmaktadır. Bu ortamda yüzeylerde kirlilik oluşturacaktır. Kirlilik kontak yüzeylerinde önlenmediği takdirde kısa devreye sebep olabilmektedir. (Zhang ve ark., 2007)

- Malzeme bakım gerekmez hale gelmiştir. Cıvata somun bağlantısı kullanılmadığı için termal değişimler ve titreşimlerden etkilenmez ve gevşeme meydana gelemez.

- Fazların birbiri arasındaki mesafesi daha yakın olduğu için soğuma (ısı transferi) iyileşmiştir. Alternatif akımda faz farkı sebebiyle iletkenler birbirinden ne kadar uzak konumda bulunursa manyetik olarak birbirlerini daha çok etkilemektedir. Arada herhangi malzeme olmadığı için fazlar birbirine en yakın izoleli konumda bulunmaktadır. Bu da gerilim düşümüne olumlu etki edecektir. Kesit artışını engellemenin en etkili yoludur.

- Sonuç olarak daha verimli bir ürün ortaya çıkmıştır.

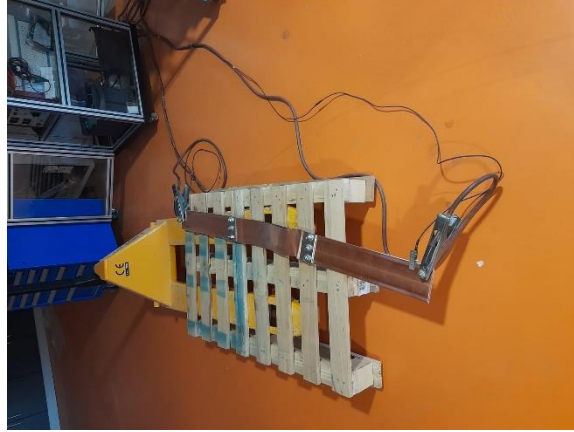
- Montaj işçiliklerini ortadan kalkmıştır.

- Cıvata somun bağlantı gevşeme durumlarını ortadan kaldırdığı için bakım gerekmemektedir.

- Ürünlerin birbirine entegrasyonu için gerekli diğer gereçleri ortadan kaldırdığı için ürün maliyetinde düşüş sağlanmıştır.

- Elektriksel geçiş direnci herhangi bir ilave iletken gerektirmediği için minimum seviyeye çekilmiştir.





Şekil 10. Test edilen numuneler

Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı EAE Elektrik, Asansör Sanayi, İnşaat, Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz. Çalışmanın bir kısmı 2022 yılında 4. Uluslararası Avrasya Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Konferansı'nda sunulmuştur. Yenilik ayrıca patentlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

IEC 61439-6 standardı Alçak gerilim anahtarlama ve kontrol düzeni donanımları- Bölüm 6: Genel şebekelerdeki güç dağıtımı için donanımlar

Burali YN., Patil MB. Paper on busbar trunking system for electrical supply to industrial & commercial installation. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) 2014; 4(01): 01-12

Demiroglu YB., Cinar MA., Alboyaci B. Evaluation of cable and busbar system in multiconductor distribution systems in terms of current and magnetic field distributions. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences 2021; 29(7): 3119-3132.

Kaçar R., Emre HE., Demir H., Gündüz S. Al-Cu-Al malzeme çiftinin sürtünme karıştırma nokta kaynak kabiliyeti. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 2011; 26(2): 349-357.

Kalane SP., Bobade CM. Comparative analysis of electrical parameters for three phase busbar trunking system. International Journal of Scientific Research in Science and Technology 2018; 4(5): 1698-1709.

- Kumar RD., Pagar DD., Menezes PL., Eyvazian A. Friction-based welding processes: friction welding and friction stir welding. *Journal of Adhesion Science and Technology* 2020; 34(24): 2613-2637.
- Mypati O., Anwaar T., Mitra D., Pal SK., Srirangam P. Characterization and modelling of Al and Cu busbar during charging and discharging of Li-ion battery for electric vehicles. *Applied Thermal Engineering* 2023; 218: 119239.
- Tzeneva R., Slavtchev Y., Mladenov V. Bolted busbar connections with slotted bolt holes. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems* 2006; 7: 1021-1027.
- Tzeneva R., Slavtchev Y., Mastorakis N., Mladenov V. Bolted busbar connections with longitudinal slots. In *Proceedings of the 14th WSEAS International Conference on CIRCUITS (Part of the 14th WSEAS CSCC Multiconference)*, 23-25 Temmuz 2010, sayfa no:22-24, Corfu Island Greece.
- URL-1. <https://www.eae.com.tr/busbar-genel-bilgi>, Erişim Tarihi: 15 Mart 2023.
- URL-2. <https://portal.turkpatent.gov.tr/anonim/arastirma/patent/sonuc/dosya?patentAppNo=2022/012342&documentsType=all>, Erişim Tarihi: 15 Mart 2023.
- Zhang JG. Effect of dust contamination on electrical contact failure. *Electrical Contacts-2007 Proceedings of the 53rd IEEE Holm Conference on Electrical Contacts*. 16-19 September 2007, sayfa no:xxi-xxx, Pittsburgh, PA, USA.