

TOPRAKLAMA TESTLERİNİN İLERİ İRDELENMESİ BÖLÜM-5

EMO'da Topraklama öğretmenliği de yapan, mesleğini en ciddiye alanlardan olan kıymetli meslektaşım Elk. Mühendisi N. Cahit GENÇER'e bu makaleye katkısından dolayı teşekkür ederim.

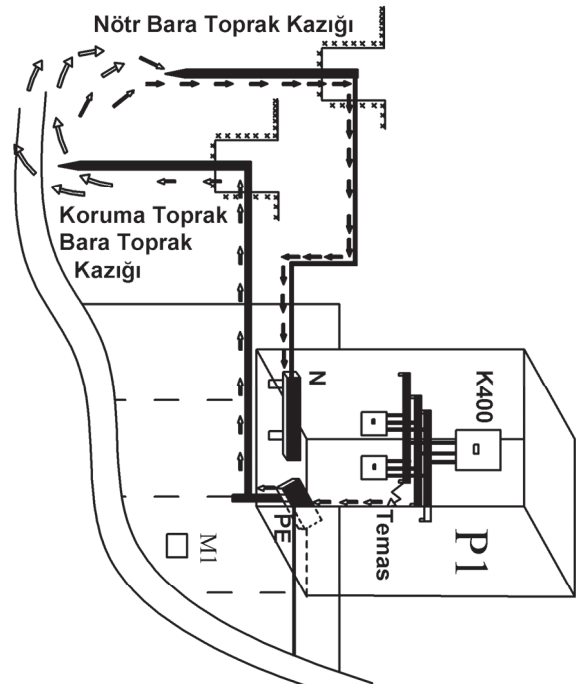


Nebi MUTLU
Elektrik Mühendisi
nebi.mutlu@emo.org.tr

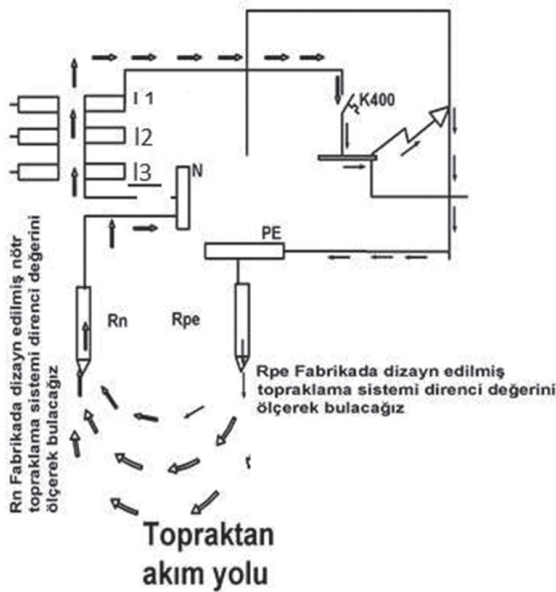
5.3 Önceki bölümde krokilerde geçen P1 Ana dağıtım panosunun topraklama değerinin irdeelenmesi:

a- Kabuller: P1 ana panosunun Koruma toprak barasını topraklayan topraklama kazığının geçiş direnci $RPE = 2 \Omega$ olarak ölçmüş olalım. Nötr barasını topraklayan toprak kazığının geçiş direncini de $0,5 \Omega$ olarak ölçmüş olalım.

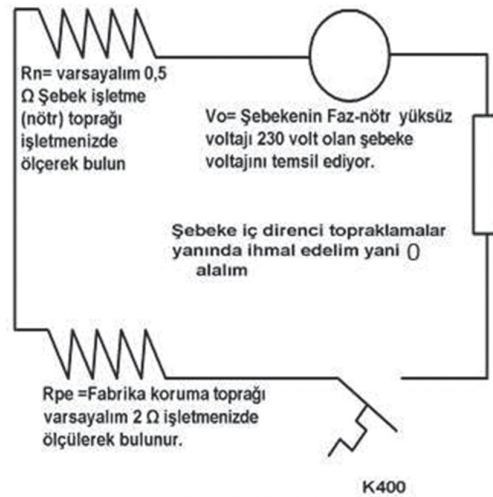
b- Şekil-8 de görüleceği gibi P1 panosunda 400 Amperlik şalter çıkışından sonra gerilimli iletkenin pano gövdesine direk temas ettiğini varsayalım. Bu durumda şekil-9 daki akım yolunu çizebiliriz ve Şekil 10'daki elektrik devresi ile temsil edebiliriz. Pano gövdesine temas eden iletkenden geçen akım pano gövdesine oradan topraklama çubuğu ile toprağa topraktan yer küreye yayılıp yer küreden dönerek nötr barası toprak kazığı yolu ile nötr barasına döner.



Resim-8 XXX Fabrika Makina Parkı Hangar



Resim 9



Resim 10



Resim 10 da temsil edilen elektrik devresine göre arıza akımını hesaplıyalım.

$I =$ Arıza akımı (Amper)

$R =$ Toplam devre direnci (Ω)

$U_0 =$ Şebeke maksimum voltajı (Volt).

Burada $U_0 = 230$ Volt (faz-nötr gerilimi)

$R = R_{pe} + R_n + Z_t R_{pe} = 2 \Omega$

$R_n = 0,5 \Omega$

$Z_t = 0 \Omega$ (Şebekeyi besleyen trafonun kısadevre empedansı) olsun.

$R = 2 + 0,5 + 0,0 = 2,5 \Omega$

Ana dağıtım panosunda faz iletkeni gövdeye temas ederse akabilecek arıza akımı $I = U_0/R = 230/2,5 = 92$ Amperdir. Peki bu arıza akımı sürekli devam mı eder yoksa şalter açıp arızayı temizler mi? Panoda K400 olarak gösterilen şalterin ani açması $10I_n$ olduğundan $400A \cdot 10 = 4000$ Ampere erişseydi ani açabilirdi. IEC60947/2 ye göre bu kesici $1,3I_n$ de devreyi 2 saatte açması gerektiği düşünülürken bu sürenin çok uzun olacağı ve can mal riskinin olacağı bilinmektedir. Bu örnekte hiçbir suretle nominal akımı yada ani açma akımını geçmediği için akım akmaya sürekli devam eder ve pano gövdesinde tehlikeli gerilim sürekli var olur. Bu durum uygun değildir.

O zaman ne yapacağız? Bunun için iki yol vardır.

b1- Toroidal akım trafolu kaçak akım koruma yapılması:

30mA-30A ayarlı bir toroidal akım trafolu kaçak akım koruma tesis edildiğinde ve en yüksek ayar olan 30 Ampere ayarlandığı durumu düşünelim. Bu durumda ani açma akımı 30 Amper olduğu için toplam toprak devresi direnci $R = U_0/I = 230/30 = 7,6 \Omega$ olsa bile arıza anında temizlenecektir.

b2- Topraklama değerinin düşürülmesi:

Toplam topraklama devresi direnci

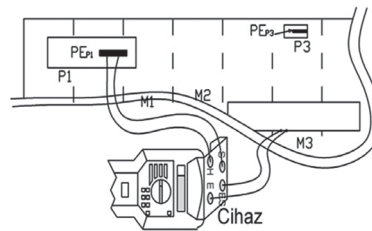
$R = U_0/I = 230V/4000A = 0,057 \Omega$ olmalıdır. Bu değere ulaşmak nerdeyse imkansızdır.

O yüzden toroidal akım trafolu kaçak akım koruma tesisi zorunludur. Bu örnekten görüleceği gibi Ana Dağıtım Panolarının bu yönden kontrolü ve büyük çoğunlukta toroidal akım trafolu kaçak akım koruma tesisi zorunludur.

5.4 Örnekte verdiğim fabrikada M3 makinasının topraklama değerinin ölçülmesi:

a- Topraklama ölçüm cihazını miliOhm ölçer olarak kullanarak ölçelim. Bölüm 4'te verdiğim fabrika makine park resminden P1 panosu, P3 panosu ve M3 makinasını içerecek şekilde bir bölüm kesip Resim 11'i üretelim. Topraklama ölçüm cihazını Resim-11 de görüldüğü gibi bağlayalım. Bu bağlantıda $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$ bakır iletkenli 100 metre uzunluklu kordon kullanalım. Bu kordon uzatma kablosunun bir taraf ucunda kırmızı kodlu kabloya mavi renkli maşa irtibatlayalım. Beyaz renkli kabloya da kırmızı renkli maşa bağlayalım. Bu kordonun diğer ucunda kırmızı renkli kabloya Mavi Kat-II ölçü aleti probu montajı yapalım. Beyaz kabloya da kırmızı renkli Kat-II ölçü aleti probu bağlayalım.

XXX FABRİKA MAKİNA PARKI HANGAR



Resim 11

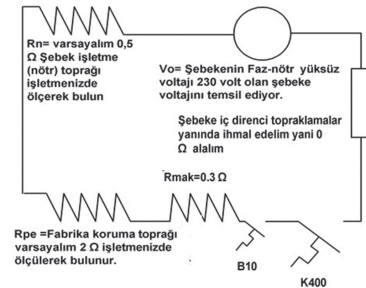
Topraklama ölçüm cihazlarında eskiden E ucu C1 (Current-1, Akım-1) olarak ES ucu P1 (Potansiyel-1, Voltaj-1) olarak ve S ucu C2 (Current-2, Akım-2) H ucu P2 (Potansiyel-2, Voltaj-2) olarak adlandırılırdı. Bu hazırlıktan sonra 100 metrelik kordonun maşalı iki ucunu P1 Ana Dağıtım Panosu Koruma toprak barasına irtibat-

layalım. Diğer ucundaki mavi probu cihazın S ucuna kırmızı probuda H ucuna irtibatlayalım. Cihazın kutusundan çıkan diğer siyah yeşil kablo çiftinin siyah probunu aletin ES ucuna, Yeşil probunu da cihazın E ucuna takalım. Bu siyah yeşil kablo çiftinin maşalı diğer uçlarını da makinenin iletken ama gerilimsiz olan gövdesine irtibatlayalım. Aletin seçim anahtarını Toprak direnci ölçüm pozisyonuna getirelim. Aleti açıp test butonuna basarak ölçme işlemi yapalım. Burada aletten okuduğumuz değer makinenin gövdesinden başlayıp P3 panosu üzerinden geçerek P1 ana dağıtım panosu PE toprak barasına olan irtibatının değeri olacaktır. Makinenin Topraklama değeri ise Bu okunan değerle P1 ana panosunun PE barasının topraklama değerinin toplamı olacaktır. Örneğin $R_{pe} = 2 \Omega$ daha önce vermiştik. Bu kez cihazdan $0,30 \text{ ohm}$ okuyalım o zaman makine topraklaması $R_{mak} = 2 + 0,30 = 2,3 \Omega$ olacaktır. Arıza anında arıza akımını R_{mak} , R_n ve şebeke kısa devre direnci belirleyecektir. Burada anlatım kolaylığı için şebeke kısa devre direncini sıfır olarak alıyorum. Kısa devre akımını belirleyen Toplam direnci

R_t olarak adlandırılalım. $R_t = R_{mak} + R_{pe} + R_n + Z_{şebeke}$

$R_t = 0,3 + 2 + 0,5 + 0 = 2,8 \Omega$ dur.

Makinede gövdeye elektrikli bölüm teması halinde $I_{ak} = U_0/R_t = 230/2,8 = 82,2 \text{ A}$ olur. Makinenin enerji aldığı B10 şalterin ani açması $10 \cdot 5 = 50$ Amperdir. $82,2$ amper arıza akımında



Resim 12



B10 şalteri ani olarak açacağı için arıza ani temizlenecektir. Ancak temas gerilim açısından da değerlendirmemiz gerekecektir. Bu durumda 50 voltluk temas gerilimi limitinde de arızanın temizlenmesi gerekirken can emniyeti olsun. $I_{temas} = 50/R_t = 50/2,8 = 17,9$ Amperdir. Temas gerilimi limitinde B10 şalterinin arızayı temizleme imkanı olmayacaktır. O yüzden ya topraklama değerini düşürmek yada kaçak akım koruma tesisi yapmak gerekecektir. Örneğin $4 \times 16/0,03$ Amper kaçak akım şalteri koymuş olduğumuz durumda makine topraklaması $R = 50/0,03 = 1666,6 \Omega$ dahi olsa arıza güvenli olarak temizlenecektir.

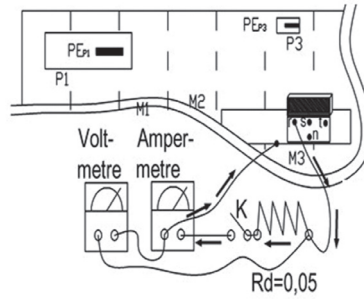
Topraklama ölçen cihazı mili-ohm ölçer olarak kullanılıncaya çözünürlüğüne dikkat etmek gerekir örneğin $0,01 \Omega$ çözünürlük durumunda $0,009 \Omega$ luk bir toprak irtibatı bu cihazda $0,00 \Omega$ olarak okunur. O yüzden $0,00 \Omega$ okunan değer emniyet açısından $0,009 \Omega$ olarak kabul edilir.

Şimdiye kadar okuduklarınızdan topraklama ölçüm cihazının 4 uçlu bir cihaz olması gerektiği anlaşılmasına rağmen tekraren önemle hatırlatırım.

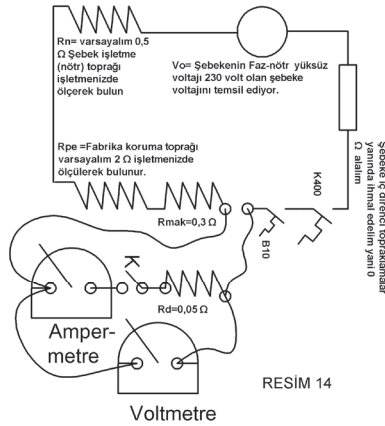
b- Çevrim empedansı ölçüm cihazları ile ölçme işi ve bu yöntemin dayanağı:

Fabrikamızda M3 makinesini içeren bir bölümü kesip alarak Resim 13 ürettim. Bu resimde görüldüğü gibi makinenin elektrik bağlantısında L1 fazına R_d direncini bağladım. Bu direncin diğer ucunu bir K anahtarı ile Ampermetrenin bir ucuna ampermetrenin diğer ucunu da makinenin topraklı gövdesine irtibatladım. K anahtarını kapattığımız zaman Resim 13 de görülen okların güzergahında akım makinenin ceryanlı ucundan çıkar anahtar ve ampermetreden geçip makine gövdesine döner. R_d direnci akım sınırlama direncidir. Makine elektrik giriş iletkeni ile gövde arasında akım akarken ve akmazken oluşan voltajları okumak için M3 makinesinin gövdesi ile

elektrikli giriş iletkenini arasına voltmetre bağladım. Bu devrede K anahtarı açık ve kapalıyken ölçmeler yapalım. Bu ölçmelerde Anahtar açıkken Ampermetreden okunan Gerilime $V_{aç}$, Akıma $I_{aç}$, anahtar kapalıyken voltmetreden okunan gerilime V_{kap} , Ampermetreden okunan akıma I_{kap} diyelim. Anahtar açıkken akım akmaz ampermetreden $I_{aç} = 0$ Amper okuruz. Devreden akım akmadığı için R_n , R_{pe} ve R_{mak} dirençlerinde ve şebeke içi empedansında gerilim düşümü olmaz dolayısıyla voltmetrede $V_{aç} = U_0$ olur. Ölçtüğümüz andaki $V_{aç}$ gerilimi Örneğin $U_0 = 227$ volt okuyalım.



Resim 13



RESİM 14

Anahtar kapatınca Ampermetreden okunan akım R_n , R_{pe} , R_{mak} , R_d , ve şebeke kısadevre empedansları üzerinden geçen seri devre akımıdır. Bu devrede $R_t = R_n + R_{pe} + R_{mak} + \text{Şeb}$

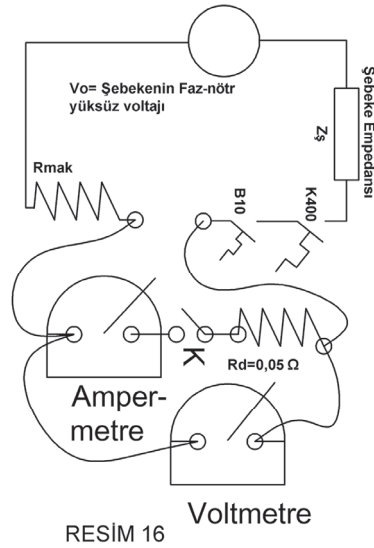
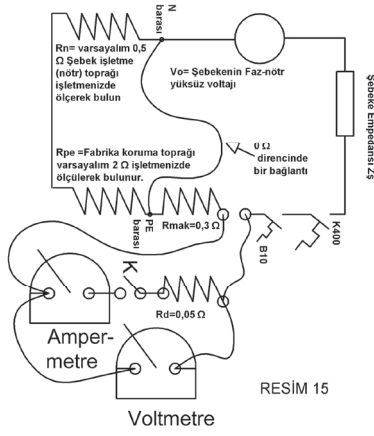
Daha önceki R_n , R_{pe} , R_{mak} değerlerini şu an için bilmiyoruz ve toplamını yani R_{ty} 'i ölçeceğiz. Resim-14 deki devrede I_{kp} akımı Akarken $U_0 = I_{kp} \cdot R_t + I_{kp} \cdot R_d$ yazabiliriz. $I_{aç}$ akarken $U_0 = R_t \cdot I_{aç} + R_d \cdot I_{aç}$ yazabiliriz. Burada bilinenler $R_d = 0,05 \Omega$ biz seçtik. K anahtarı açık olduğu durumda $I_{aç} = 0$ Amp, $V_{aç} = 227$

volt okumuş olalım. Bu durumda $V_{aç} = 0 \cdot R_t + 0 \cdot R_d + U_0$ $V_{aç} = U_0$ $V_{aç} = 227$ volt okumuştuk. O zaman $U_0 = 227$ Volttur. K anahtar kapalı olduğu durumda

$I_{kp} = 80$ Amper okumuş olalım, $U_0 = 80 \cdot R_t + 80 \cdot R_d$ $227 = 80 \cdot R_t + 80 \cdot 0,05$,

$R_t = (227 - 80 \cdot 0,05) / 80$ den $R_t = 2,79 \Omega$ bulunur. Topraklama sistemimizde Nötr (N) ve Koruma (PE) baraları uygun iletkenle birleştirilmiş olsun. Bu iletkenin direnci de sıfır denecek seviyede olsun. Bu durum Resim-15 deki şema ile temsil ettim. Bu şemada çevrim empedansı ölçerken yani makine gövdesi ile makine üzerindeki elektrik bağlantısını kısa devre ettiğimizde, yada arıza ile gövdeye elektrik teması olduğunda akacak arıza akımını sınırlayan direnci ölçelim. Bunun içinde R_n ve R_{pe} dirençleri kısa devre olduğundan arıza akımının büyüklüğüne etki etmeyeceğinden sadeleştirme için şemamızdan çıkaralım. Arıza akımının büyüklüğüne etki eden tüm dirençleri ve empedanslar toplamına da $Z_{ç} =$ çevrim empedansı olarak temsil ettirip devrede bu empedansı gösterelim. $Z_{ç}$ içinde daha önce sıfır kabul ettiğim ama bu kez R_n ve R_{pe} dirençleri olmadığından ihmal edemeyeceğim şebeke empedansı da arıza akımına etki edecektir. Dolayısıyla $Z_{ç}$, şebeke empedansı ve test ettiğimiz makinenin topraklama irtibat direncinden oluşacaktır.

Şu andan itibaren bunu ölçeceğiz Yeni devreyi $Z_{ç}$, U_0 ve R_d den ibaret olarak basitçe Resim- 16 da gösterilen K anahtarı açıkken Voltmetreden okunan değer devrede akım akmadığı dolayısı ile gerilim düşümü olmadığı için U_0 a eşit olur. Bu durumda voltmetreden $U_0 = 225$ volt okuyalım. K anahtarı kapatılınca ampermetreden okunan akım $Z_{ç}$ ve R_d den oluşan empedansın sınırladığı akımı okuruz. K anahtarı kapalı, M3 makinesi elektrik enerjisi ile beslenirken Devreyi daha basitçe Resim-17 gösterelim. R_{mak} ve $Z_{ş}$ den oluşan toplam empedansı da $Z_{ç}$ (M3 makinesi çevrim empe-



dansı olarak birleştirip Resim-18 de ki gibi gösterelim. Resim-18 çevrim empedansı ölçümünün en basit halidir. Bu pozisyonda Ampermetreden okunan I_{kp} = 643 Amper olsun, Voltmetreden okunan da V_{kp} = 32 Volt olsun. Devrede küçük bir hesap yaptım.

Kirchoff'un Gerilimler Kanununa göre $U_0 = Z_{\phi} \cdot I_{kp} + V_{kp}$, $Z_{\phi} = (U_0 - V_{kp}) / I_{kp} = (225 - 32) / 643 = 0,3 \Omega$ olarak ölçmüş oluruz. Bu sonuca göre değerlendirme yapalı. Şebeke voltajı $U_0 = 50$ Volt dokunma gerilimi seviyesine düşmüş olsun bu durumdayken makinede faz toprak kısa devresi olsun. Kısa devre akımı $I_k = 50 / Z_{\phi} = 50 / 0,3 = 166$ Amper olur. M3 makinesini besleyen B10 otomatı Ani açma akımı 50 Amper olduğu için arızayı anında temizler. Ancak yine de TT sistem olduğu için RCD kullanılması zorunludur.

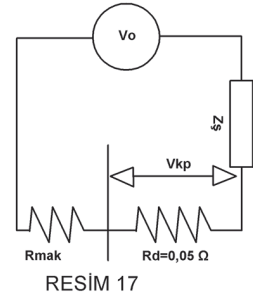
Buraya kadar her şey güzel ancak sorun var.

1- R_d direncinin bu akımla $P = R \cdot I^2 = 643 \cdot 643 \cdot 0,05 = 20672$ W = 21 kW büyüklüğünde güç tüketmesi durumu doğar bu makul bir olay değildir.

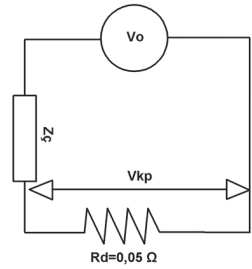
2- 643 Amper test akımı test yaptığımız devre yanında tüm devrelere de zarar verir yani tahribatı arızalardan farkı olmaz ve ölçme sırasında B10 otomatı anında (200 mS de) açacağından üretim durur. Üretimin durması da hoş değildir. Bu iki sorun nedeniyle daha ileri düzey test imkanı kullanmalıyız.

Zaten bu noktadan sonra anlatacağım test imkanı da buraya kadar anlattığımız prensipleri kullanır. Sadece K anahtarını ölçmeye yetecek kadar en minimum süre kapalı kalıp açılmasıdır. Örneğin 50 Hz lik şebekede Bir alternans

(Yarım periyot) = 10 mili Saniye dir. Bir alternans süre ile K vltaj sıfırdan geçerken kapasitörün tekrar 10 ms sonra sıfırdan geçerken açılırsın. R_d direncinin tüketeceği güç $P = I^2 \cdot R_d$ * Yarım periyot zamanı / 1 saniye = $I^2 \cdot R_d \cdot 10 / 1000$ mS = $643 \cdot 643 \cdot 10 / 1000 = 4134$ W = 4 kW 5 de 1 ne düşer. Bu süredeki kısadevre akımının geçiş süresi ani açma süresi olan 200 ms altındadır kalır. Hatalı açma olmaz. Bunu insan eliyle yapmak mümkün olmaz. Şimdiye kadar anlattığım çevrim empedansı ölçümü sadece prensibin anlatımıdır. Artık asıl ölçme bu iş için imal edilmiş çevrim empedansı ölçme cihazları ile yapmaktır.



RESİM 17



RESİM 18

Çevrim empedansı ölçme cihazı ile yapılan ölçümü takip eden makalelerde anlatacağım.

ENERJİ HAFTASI ETKİNLİKLERİ

Her yıl Ocak ayının ikinci haftası başlayan Enerji Tasarrufu Haftası kapsamında, EMO Ankara Şubesi Ankara'nın değişik ilçelerinde yer alan ilköğretim okullarında bir dizi etkinlik düzenliyor. Enerji Haftası kapsamında;

- 09 Ocak 2017 Ankara Üniversitesi Uygulama Anaokulu 1-2 öğrencilerine,
- 10 Ocak 2017 Ankara Üniversitesi Uygulama Anaokulu 3 ve Sincan Altınordu Layıka Akbilek İlkokulu öğrencilerine,
- 10 Ocak 2017 Maya Koleji Anaokulu ve Maya İlköğretim Okul 1.sınıf öğrencilerine,
- 12 Ocak 2017 Keçiören Çağrı Koleji, 1.,2., 3. ve 4. sınıf öğrencilerine,
- 11 Ocak 2017 Ulubatlı Hasan İlköğretim Okulu 3. ve 4. sınıf öğrencilerine,
- 16 Ocak 2017 Pursaklar Bilişim Koleji'nde anaokulu, 1.,2.,3. ve 4. Sınıf öğrencilerine,
- 17 Ocak 2017 Batıkent Özel Uygur İlköğretim Okulu öğrencilerine,
- 18 Ocak 2017 Balgat Tekişik Okulu'nda ilköğretim öğrencilerine,

yönelik olarak enerji tasarrufu ve enerji verimliliği konusunda sunum yapıldı.