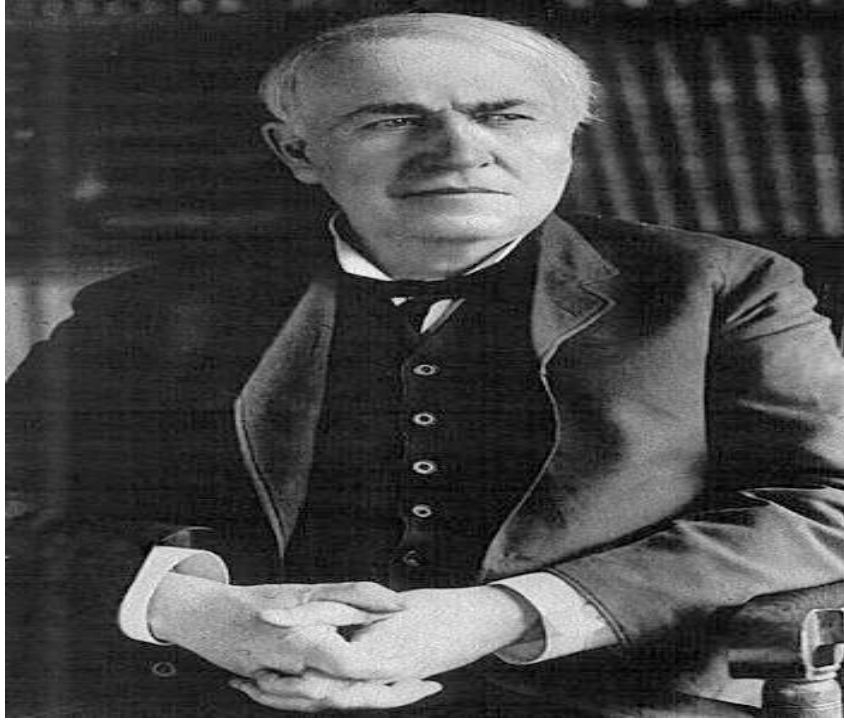
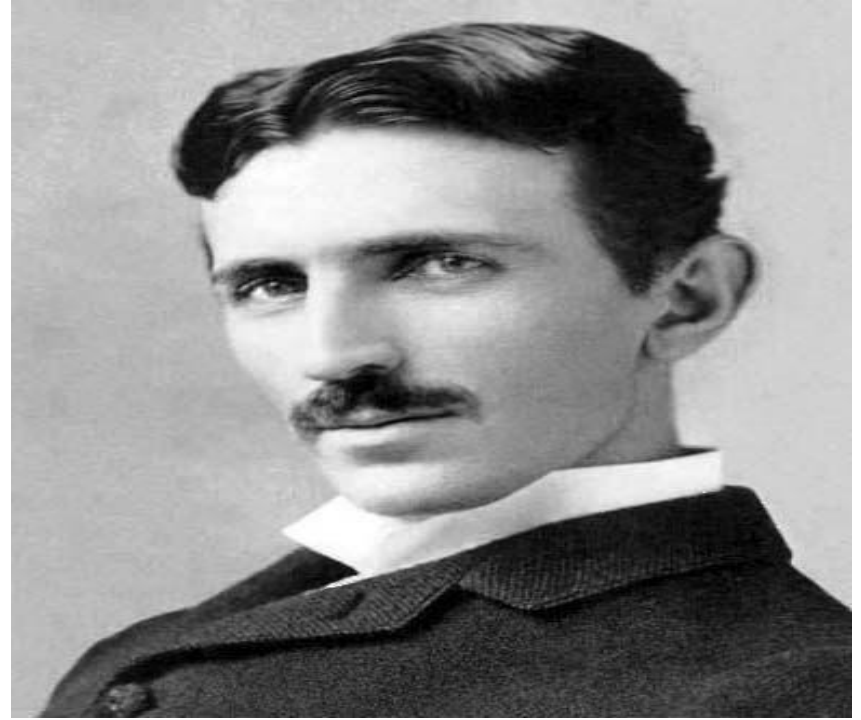


Elektriğin Geometri ile İmtihanı

Elk. Y. Müh. Taner İRİZ



Thomas Edison



Nikola Tesla



Galileo Ferraris

Elektrik mühendisi Galileo Ferraris, asenkron motorun mucididir. Asenkron motorun icadı elektrik tarihinin en önemli icatlarından biridir. Ferraris, titreşen bir manyetik alanın yarı değerinde olan iki döner alana ayrılabilmesi fikrinin sahibidir. Bu fikir, 1910'da Münih'de G. Hommel, daha sonraları Fransa'da Stokvis tarafından geliştirilmiştir.



Charles LeGeyt Fortescue

Fortescue 1918 yılında yazdığı makalesinde Ferraris, Hommel ve Stokvis'in fikirlerini daha da geliştirerek "Simetrik Bileşenler" diye bilinen teoremin temellerini atmıştır. Bu makale elektrik tarihinin en önemli makalesi kabul edilmektedir. Simetrik Bileşenler teorisi (SBT) geometri üzerine inşa edilmiştir.



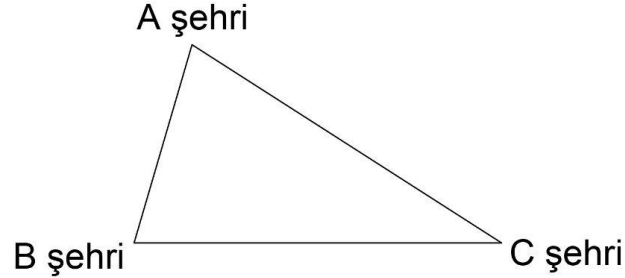
Pierre de Fermat

SBT'nin anlaşılması için 1918 yılından 3 asır öncesine gidelim. Pierre de Fermat aslında bir hukukçuydu ve amatör olarak matematikle ilgileniyordu. Sorduğu sorularla matematik tarihini etkilemiştir. En ünlü sorusu; x, y, z, n tam sayı olmak üzere,

$$x^n + y^n = z^n$$

eşitliği hangi n değerlerinde sağlanabilir şeklindedir. Bu soru asırlarca matematikçileri uğraştırmıştır. Bugün biliyoruz ki bu eşitlik sadece $n=1$ ve $n=2$ için sağlanabilir. İkinci önemli sorusu ise; 3 şehri birbirine bağlayan en kısa yol problemidir.

Fermat'ın en kısa yol sorusu
şöyleydi;
Herhangi bir çeşitkenar üçgenin
köşelerinde bulunan A, B ve C
şehirlerini birbirlerine bağlayan en
kısa yol rotası nasıldır?



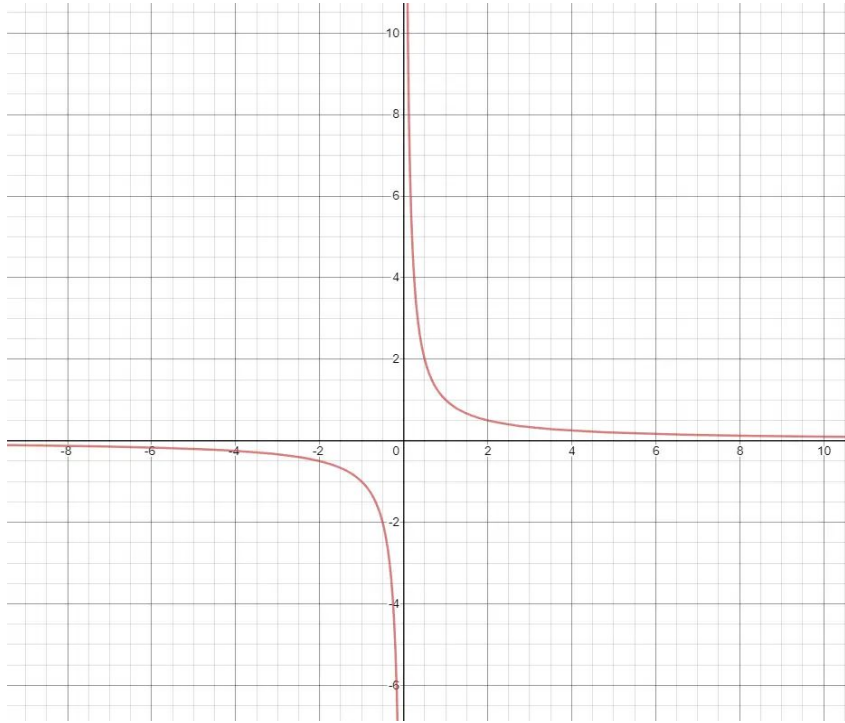
Daha açıkçası, 3 şehri birbirine
bağlayan yolun kavşağı nerede
olmalı ki yol en kısa olsun?



Evangelista Torricelli

Fermat'ın en kısa yol problemini bilim tarihinin en büyük dahilerinden biri olan Torricelli çözdü. Torricelli bir tifüs pandemisi sırasında 40 yaşına varmadan öldü. Bu kısa ömründe barometreyi icat etti. Optikte önemli çalışmalar yaptı. Newton'un diferansiyel hesabından çok önce “Gabriel'in borusu” problemini çözdü.

Fermat'ın problemine çözümü şöyleydi; “Üçgenin köşelerini birleştiren yol toplamının minimum olması için kavşakta oluşan açıların eşit olması daha doğrusu 120 derece olması gerekir.”

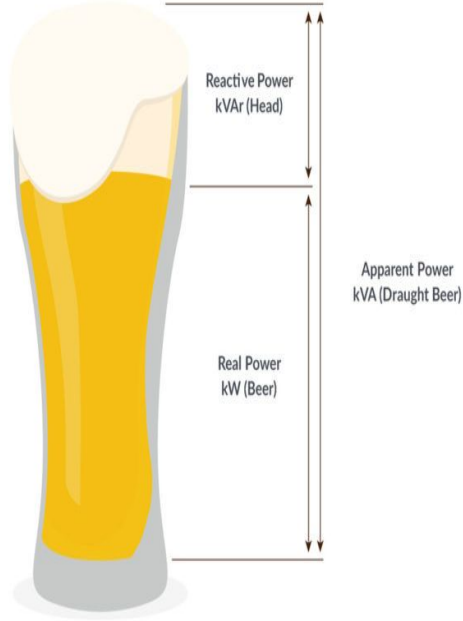


Gabriel'in Borusu - Torricelli'nin Trompeti

Şekilde $y=1/x$ hiperbolü görülmektedir. Sadece 1. bölgedeki eğri parçasını düşünelim. $x=1$ ile sonsuz arasında kalan eğriyi, x eksenini etrafında 360 derece döndürürsek boru biçiminde bir hacim elde ederiz. Bu hacme Gabriel'in Borusu ya da Torricelli'nin Trompeti adı verilir. Matematiksel olarak hacmi sonlu, yüzey alanı sonsuzdur.

Peki fiziksel dünyada hacmi sonlu ama yüzeyi sonsuz bir cisim olabilir mi?

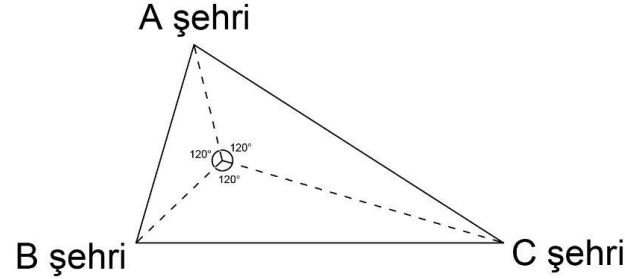
Buradan şunu anlıyoruz; her fiziksel olayın şöyle ya da böyle matematiksel bir açıklaması vardır ama her matematiksel olayın bir fiziksel açıklaması olmayabilir.



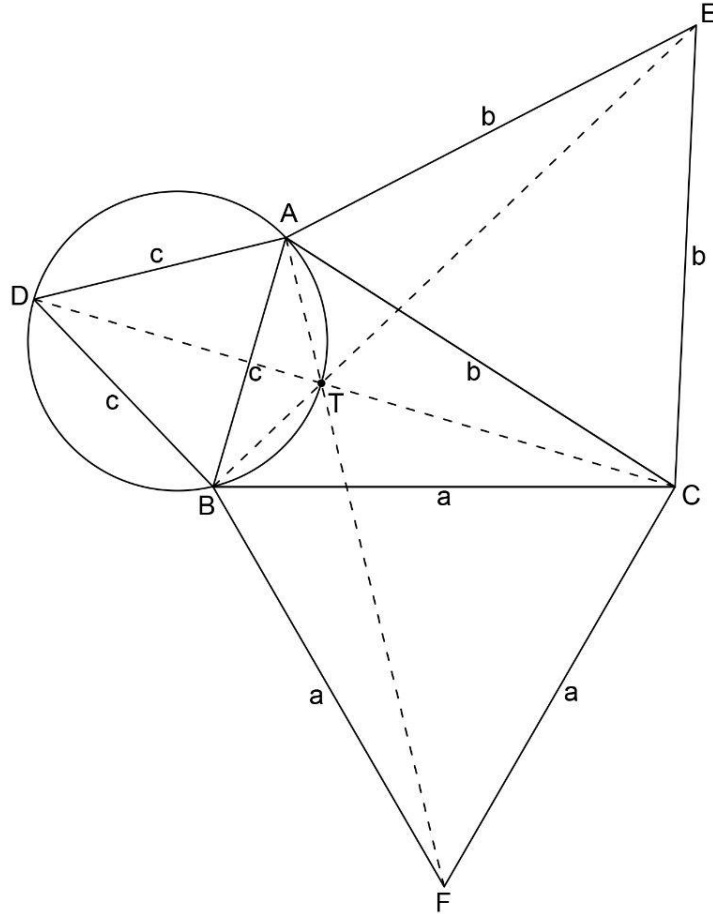
Reaktif Güç - Köpük Benzetimi

Torricelli'nin trompeti bize çok şey öğretir. Mühendislikte de gerçek olmayan (fiktif) kavramlarla karşılaşırız. Reaktif güç, görünen güç, kısa devre gücü gibi. Bunların üçü de sadece matematik kavramlardır ve fiziksel karşılıkları yoktur. Bu yüzden bira bardağındaki köpüğün reaktif güce benzetimi son derece yanlıştır. Üniversitelerde sinüsoidal halde güç konusu anlatılırken bu hususun etraflıca incelenmesi gerekir.

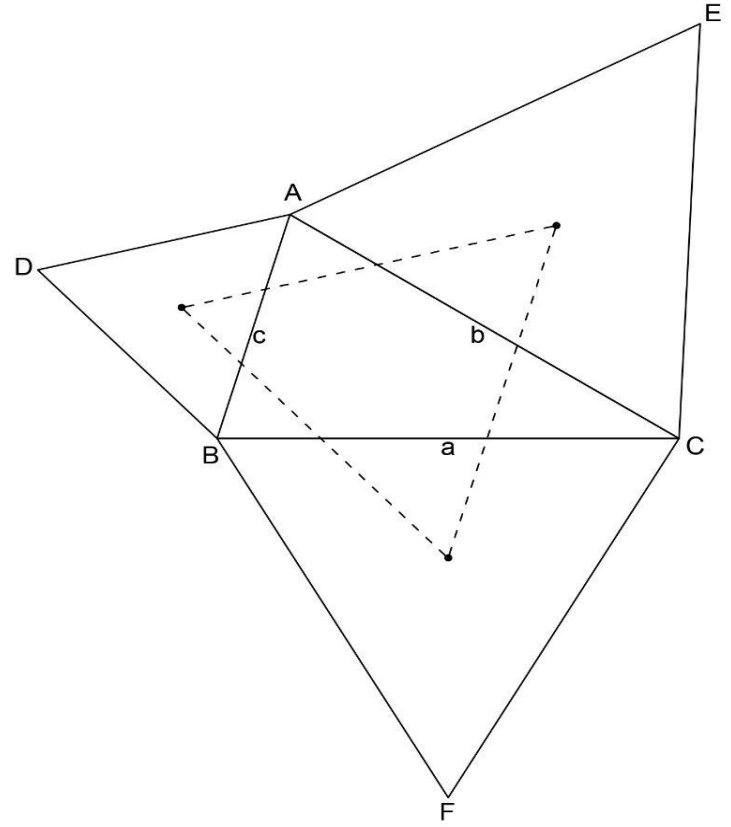
Geometri biliminde eğer köşelerden gelen doğru parçaları kavşak noktasında 120 derece açıyla buluşuyorsa bu kavşak noktasına “Torricelli noktası” ya da “Fermat - Torricelli noktası” adı verilir. Eşkenar bir üçgende Torricelli noktasıyla ağırlık merkezi çakışıktır.



Torricelli, Pisagor'dan özenerek ABC üçgeninin kenarlarına eşkenar üçgenler yerleştirdi. En kısa yolun aynı zamanda DC'ye, AF'ye, EB'ye eşit olduğunu gösterdi. Bunu gösterirken asırlar öncesine gitti ve Ptolemaios (Batlamyus) teoreminden yararlandı. DATB dörtgeninin bir kirişler dörtgeni olduğunu görebiliyoruz. Dolayısıyla kirişler dörtgenine Batlamyus teoremini uygulayabiliriz.



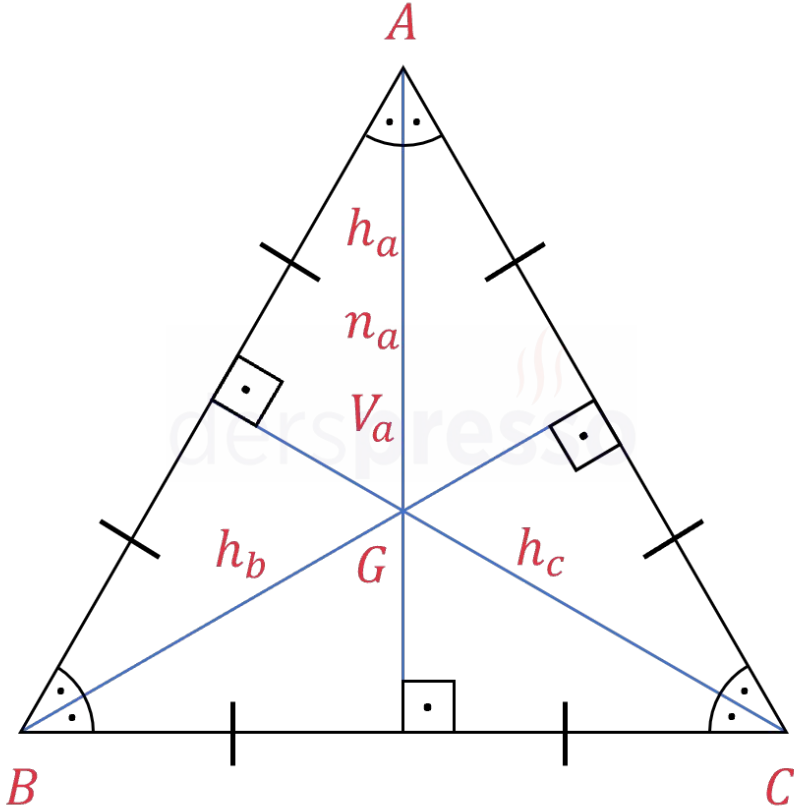
Eşkenar üçgenlerin
Torricelli noktalarını
birleştirirsek beşinci bir
üçgen elde ederiz. Bu
üçgen daima eşkenardır.
Bunu ilk defa gösteren
kimdir?



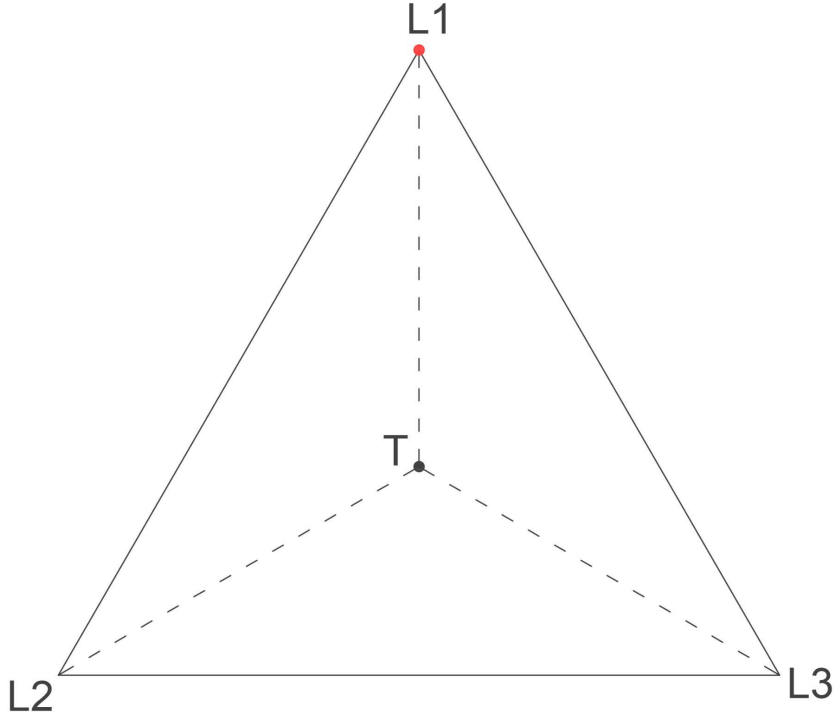


Napolyon Bonapart

Beşinci üçgenin daima eşkenar olacağını ilk gösteren askeri okulda okuyan bir öğrenciydi. Yıllar sonra Fransa İmparatoru olacaktır. Atatürk onun üstün taktik zekasını övmüş ama hırsı konusunda eleştirmiştir. Zaten matematik zekası olmayan birisinin bir savaşı idare etmesi mümkün müdür?



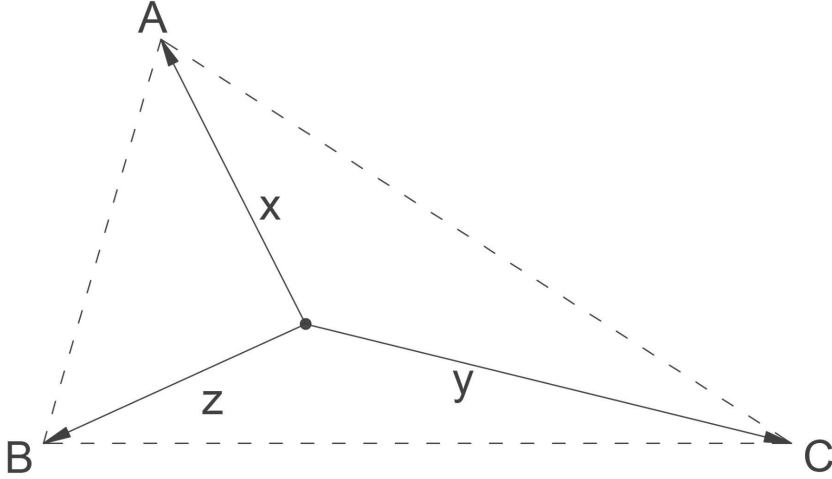
Mahallemizin ya da fabrikamızın elektrik tesisatı için eşkenar bir üçgen düşünebiliriz. Bu üçgende Torricelli noktası ile ağırlık merkezinin çakışık olduğunu daha önce belirtmiştik. Yandaki çizimde bu G noktası olarak gözükmektedir. Eşkenar bir üçgende h yükseklik, n açıortay, V kenarortaydır ve birbirlerine eşittir. Dengeli yük olmak şartıyla elektriksel merkez Torricelli noktasıyla çakışıktır. Yük dengesizliğinde elektriksel merkez geometrik merkezi terk eder. Dengesizliğin şiddetine göre bu terk edişin miktarı değişir. Kısa devre ve kopukluk gibi arıza durumlarında terk ediş daha da hızlanır. Özel durumlar dışında elektriksel merkezin gidebileceği en uzak yer köşelerdir. Rezonans gibi özel durumlarda elektriksel merkez üçgeni terk edebilir.



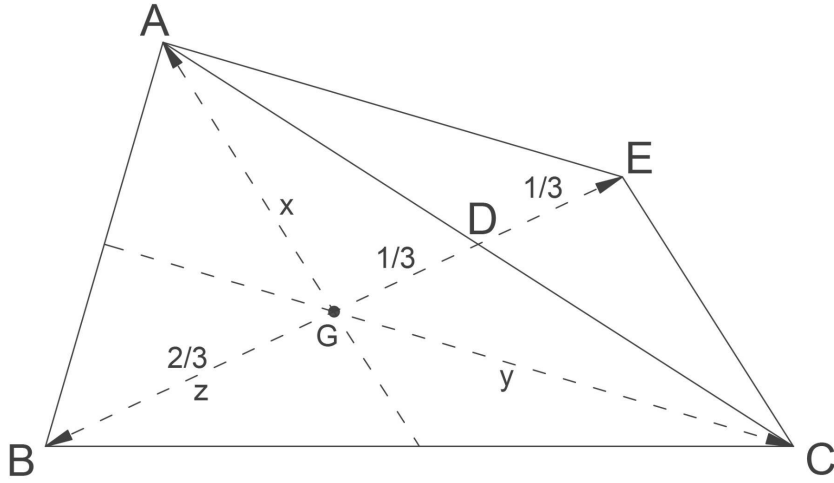
Yandaki şekilde kırmızı renkli elektriksel merkez gidebileceği en uzak yere gitmiştir. Bunun uygulamadaki karşılığı nedir?

Bu sorunun yanıtı dağıtım trafolarında AG tarafta neden işletme topraklaması yaptığımızla ilgilidir.

Şekilde birbirlerinden ve aralarındaki açılar farklı üç vektörün (fazör) bileşkesinin sıfır olabilmesi için fazörlerin başlangıç noktası üçgenin neresinde olmalıdır?



Bu durumun gerçekleşmesi yani bileşkenin sıfır olması üç fazörün başlangıç noktasının ağırlık merkezinde olmasıyla gerçekleşir. Üçgen çeşitkenar olduğu için Torricelli noktasının başka bir yerde olduğu unutulmamalıdır.



x,y ve z fazörlerinin bileşkesinin sıfır olması için başlangıç noktalarının üçgenin ağırlık merkezinde olması gerektiği yandaki şekilde ispatlanmıştır. Şimdi bu geometrik gerçekliği elektriğe uygulayacağız. Evimizde trifaze elektrik tesisatının olduğunu varsayalım. Elektrik tablomuzda dört kutuplu bir RCD var. $\cos \phi = 1$ kabulü ile L1 fazında 1A, L2 fazında 2A, L3 fazında 3A akım olsun. RCD'nin açmayacağını geometrik olarak gösterelim.

Şekildeki çeşitkenar üçgende G ağırlık merkezi,
P ise herhangi bir noktadır.

k için; $k = n + x$

l için; $l = n + y$

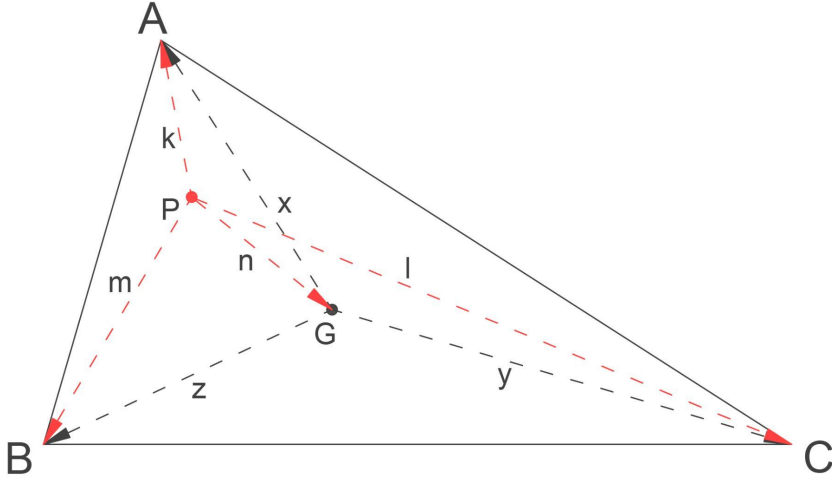
m için; $m = n + z$ yazılabilir.

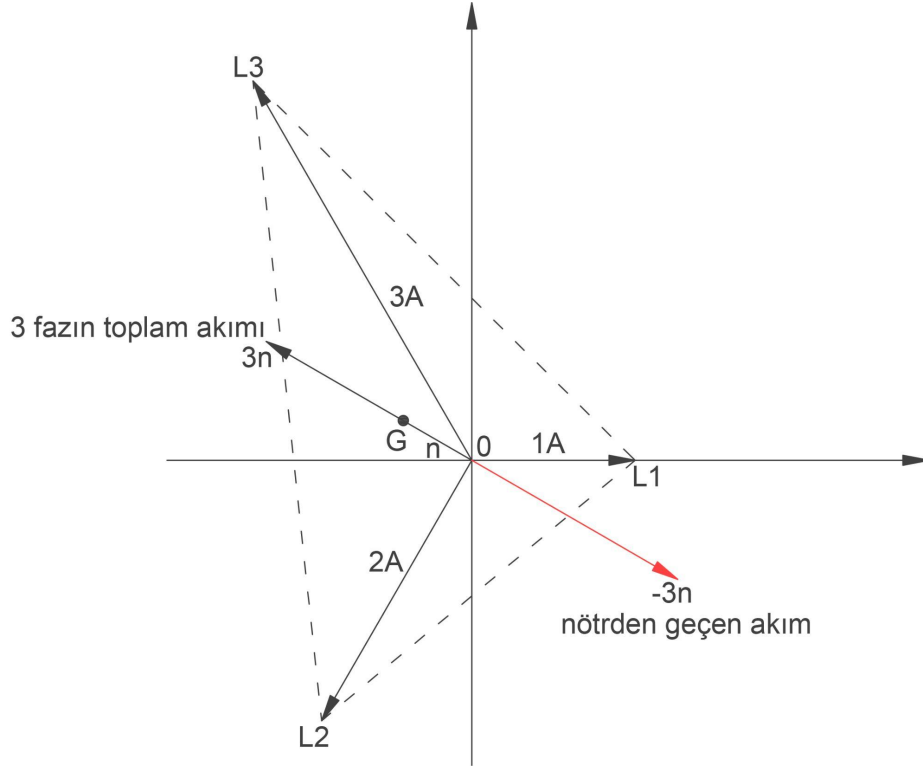
k, l ve m fazörlerinin bileşkesi

$k + l + m = 3n + x + y + z$ olur.

ama $x + y + z = 0$ olduğundan sonuç olarak

$k + l + m = 3n$ olacaktır.





Şekilde hiç hesap yapmaksızın dengesiz bir sistemde 4 kutuplu RCD'nin nasıl sükunette kaldığı gösterilmiştir. Bir toprak hatasına kadar açma gerçekleşmeyecektir. Bunun gibi geometri kullanılarak pek çok elektriksel senaryo açıklanabilir. Geometri olmadan güç mühendisliği problemlerinin anlaşılması mümkün değildir.

Teşekkürler

Elk. Y. Müh. Taner İriz