

Şebeke Modelleri

Ayhan ÇİLİNGİROĞLU
Y. Müh.

Genel : Enerji iletim ve dağıtım şebekelerinin gözlü şebekeler şeklinde gelişmesi, besleme noktalan sayısının daimi artışı bu sistemlerin gerek normal şartlarda ve gerekse arıza hallerindeki işletme durumlarının hesap yolu ile bulunmasını çok güçleştirmiştir. Sisteme ilâve edilecek yeni bir santral veya tesisin sistemle bağdaşıp bağdaşmayacağına etüdü, uygun disjonktör açma zamanlarının tâyini, minimum kayıplı işletme şartlarının bulunması gibi birçok soruların sür'atle cevaplandırılması ihtiyacı şebeke problemlerinin çözümünde hesapla, bulmaktan daha başka bir yol tutulmasını gerektirmiştir. Teknikte hesaplamaları güçlük gösterdiği hallerde tecrübe yapılarak neticeye ulaşmak alışılmış bir usuldür. Bu bakımdan şebeke problemlerinin çözümünde de tecrübî bir yol tutulmuştur. Esas sistemde deneme yapmanın güçlük ve imkânsızlığından dolayı en uygun metod, sistemin muayyen bir nisbette küçültülmüş ve fakat her bakımdan aynı özelliklere sahip bir modelini inşaa ederek tetkiki istenilen halleri bu model üzerinde yaratarak neticeye varmaktadır.

Sistem problemleri* işletme frekansındaki (sürekli rejim problemleri) ve tabii frekanstakiler (geçici rejim problemleri) diye iki ayrı grupta mütalâa edilebilirler. Her iki cins için ayrı ayrı modeller tekamül ettirilmiştir. Her iki halde de modelde kullanılan akım ve gerilim, ölçülmesi kolay ufak değerli olacaktır.

Kısaca şebeke modeli, hesap yolu ile çözümlenmiş güç ve çok zaman alıcı olan şebeke problemlerini tecrübî yolla çözmeye yarayan bir nevi hesaplama aletidir.

Tarihçe : İlk şebeke modeli 1915-16 yıllarında A.B.D. nde tekâmül ettirildi. O zamanlarda şebekeler kısa hattı ve alçak işletme gerilimli olduklarından kapasite ve rezistansların tesirleri indüktanslanlıkler yanında ihmal edilebiliyorlardı. Böylece indüktif reaktansların dirençlerle temsil edilmesi ve modelin doğru akımla beslenmesi ihtiyacı yetiyordu. Bu model bilhassa üç fazlı kısa devre problemlerinin incelenmesinde kullanılıyordu. Bunun için bu modele kısa devre hesap tablosu adı veriliyordu.

İşletme gerilimleri zamanla yükselip hat uzunlukları arttıkça kapasite ve dirençlerin tesirleri ihmal edilemeyecek değerler aldılar. Bu sebeple daha 1917 de alternatif namlı modellerin inşaaı düşünöldü. 1920 de G. E. C. 2300 V. ve 200 - 600 Kva. lik generatörlerle beslenen 3 fazlı bir modeli, stabilmte incelemelerinde kullanmak üzere yaptı, ölçme tekniği bakımından o zamanlarda böyle büyük takatler seçmek gerekiyordu.

Simetrik bileşenlerle hesap usullerinin gelişmesi, simetrisiz 3 fazlı hallerin tek fazlı olarak ele alınabilmesine imkân verdi. Bu suretle modeller tek fazlı bağlantılar için imal edildiler. Gerçi birçok modeller 3 fazlı bağlantıya da imkan vermekle beraber bugünkü modellerde tek kutuplu şerhalarla çalışılır. Faz açısı ve gerilim büyüklüğü ayarına imkan veren statik besleme elemanlarının modellere ithali ile bugün en çok kullanılan alternatif akımlı modeller doğdu.

ölçme tekniğinin tekamülü modellerin ufak takatlerle çalışır ve küçük dış boyutlu olarak imallerine imkan vermiştir. İndüktansların daha ufak bobinlerle temsil edilebilmeleri ve imalatın mümkün mertebe ucuza çıkarılabilmesi için, modelde kullanılacak frekans işletme frekansından farklı seçildi. Bugün 250 - 440 - 500 Hz. ler pratikte seçilmiş frekanslardır. Elemanların karşıt tesirlerini yemk için özel tedbirlere ihtiyaç gösterdiğinden 500 Hz. nadiren aşılır. Bununla beraber 10 000 Hz. le çalışan modeller mevcuttur.

Bir ileri tekamül olarak generatörlerin ve tahrik makinalarının dinamik karakterlerini hassasiyetle temsil edebilmek için dinamik besleme elemanla modeller inşaa edilmiştir. Electricite de France'ırı Micro Réseau isimli modeli bu tiptendir.

Bundan başka bugün gerek ucuz imalat ve gerekse hassasiyetle temsil endişeleri ile bazı özel tipler geliştirilmiştir. Bunlara aşağıda kısaca temas edilecektir.

Sürekli rejim şebeke modelleri: a) Doğru akımlı modeller (D. C. Analyser) : Bu modeller bir enerji üretim ve dağıtım sistemini meydana getiren elemanların, direnç ve kapasiteleri ihmal edildiğinde sadece indüktif reaktanslan rezistans üniteleri ile temsil edile-

TABLO: 1
Şebeke modelinde temsil için bilinmesi gerekli hususlar

Generatörler	Transformatörler	Hatlar	Yükler
Nominal Güç	Nominal güç	İşletme gerilim	Nominal gerilim
Nominal gerilim	Nominal gerilim	Hattın direnci	Statik veya dinamik yük oluşu
Senkron reaktans	Empedans	Doğru, ters ve sıfır reaktans	Direnç, İndüktans, kapasitans değeri
Translent »	Ayar kademeleri	İşletme kapasitesi	
Substrans. »	Topraklama durumu	Şalter açma zamanları	
Ters, sıfır »	Sıfır reaktans	Seri kondansatörler	
Omlk direnci			
Savurma momenti			
(tahrik makinası dahil)			

bileceği prensibine dayanır. Bunlar hususiyle alçak gerilimli-gözlü şebekelerin akım dağılım etüdlerinde ve orta gerilimler dahil kısa devre hesaplama için kullanılırlar, ölçme kısa devre akımının yalnız alternatif bileşenini verir. Hat kesitleri çok farklı olmadığı zamanlarda -başka bir deyimle - hatların ve yüklerin faz açılan yaklaşık aynı büyüklükte iseler orta gerilimli şebekelerde akım dağılım etüdülerinde de kullanılabilirler. Tabii bu incelemelerde fazla bir hassasiyet beklenemez. Bu tip modeller bugün A. C. modellerine yardımcı olarak kullanılırlar.

b) Statik besleme elemanı alternatif akın modelleri: (A. C. Analyser) Bu modellerde her şebeke elemanının direnç, indüktivite ve kapasite özellikleri mütakabil rezistans üniteleri, bobinler ve kondansatörlerle temsil edilirler. (Şekil: 1) Oeneratör, transformatör ve keza hat ve yüklerin reaktansian demir çekirdekli bobinler marifetiyle temsil edilirler. Bunlar seçilen model frekansı civarındaki büyük bir frekans aralığında değerlerini muhafaza etmeli ve az kayıplı olmalıdır'sr. Kullanılan rezistans üniteleri ve kondansatörler indüksiyondan arı olmalıdırlar. Bütün elemanların zati kayıplarının gözönüne alınıp modelde çalışılırken seçilen değerlerin bunlara göre tashihi gerekir.

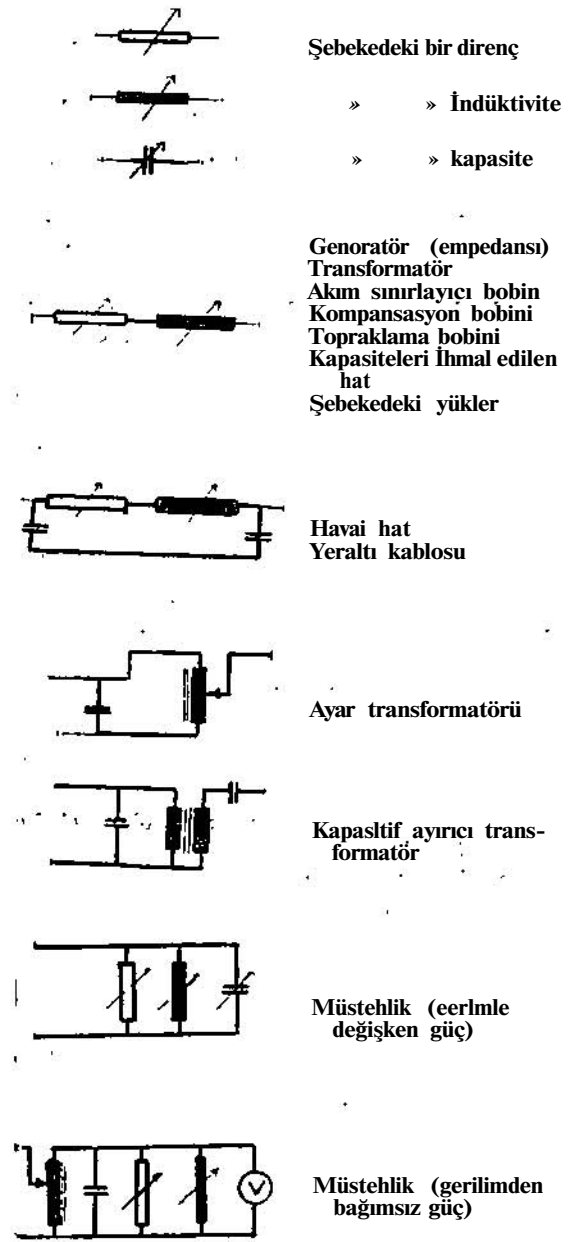
Havai hatlar ve kablolar kapasitelerin ihmal edilemeyeceği uzunluklarda pi montajları ile temsil edilirler. Çok uzun hatlar bahis konusu olursa müteaddit pi devreleri kullanmak hassasiyeti artırır.

Generatörler modelde bir E. M. K. seri dirençleri ve problemin nevine göre senkron, transient veya subtransient reaktansian ile temsil edilirler. Transformatörler bir empedans veya çoğu zaman dirençleri ihmal edilerek bir reaktansla temsil edilirler. Kademeli ayarlan elde edebilmek için oto transformatör üniteleri modele ithal edilmiştir. Bu sûretle her kademe değiştirmede empedansların değerlerini dönüştürmeye lüzum kalmaz.

Yükler paralel ve seri bağlantıya müsaa-

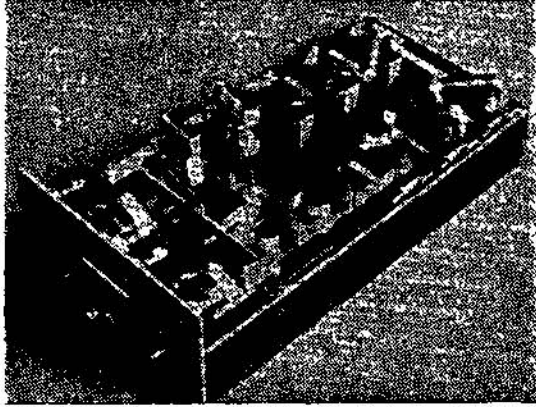
ŞEKİL: 1

Muhtelif şebeke elemanlarının modelde temsili



de eden rezistans üniteleri, bobinler ve kondansatörlerin kombinezonu ile temsil edilirler

Generatorlerin, transformatörlerin ve hatların temsili için modelde aynı kutular (ünite er) kullanıldığı halde yükler için kullanılacaklar farklıdır. Yükleri temsil edecek kutularda daha büyük değerler elde edilebilir ve paralel bağlantıya müsaade etmelidirler (Şekil: 2)



ŞEKİL : 2

Bir kutuda rezistans bobinler ve kondansatörlerle bir çebeke elemanının temsili

Bugün kullanılan modellerde bu münferit elemanlar iki ayrı tipte bulunurlar; ya direnç üniteleri, bobinler ve kondansatörler her problem için kutulara yerleştirilir ve irtibatları yapılır veya bunlar birkere modelin montajında kutulara yerleştirilmiş bulunur-

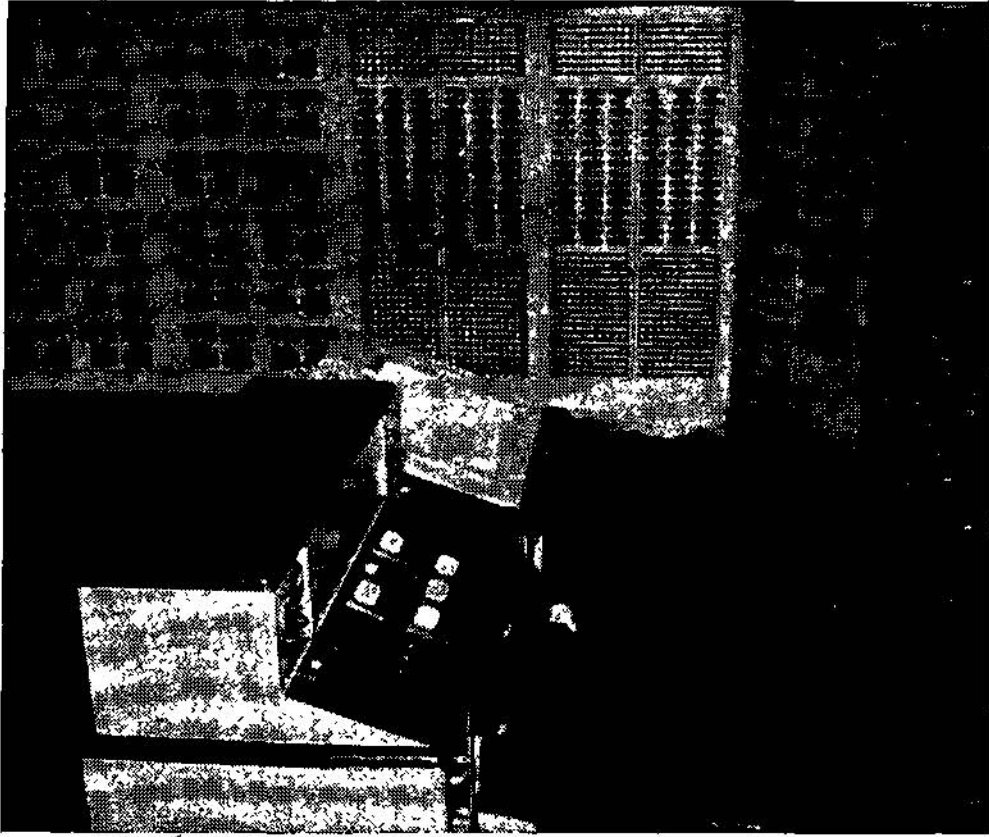
lar ve uçları ondalık sisteme göre irtibat yapan düğmelerde nihayetlenmiş hazır vaziyettedirler. Birincilerinde her problem için elemanları tesbit edip kutulara yerleştirmek ve gerekli irtibatları yapmak gerekir ki zaman alıcı ve hassasiyetten kaybettiricidir. İkinci tipte ise her yeni değer için düğmenin konumunu değiştirmek yeter. Bu az zaman alıcıdır fakat pahalıdır. Şebeke elemanları bir kere böyle temsil edildikten sonra bunların, yani bunları temsil eden kutuların irtibatlanmaları gerekir. Bu da ya kutular üzerindeki prizleri irtibat kabloları ile yekdiğerine bağlayarak yapılır veya bütün kutuların uçları modelin inşaatı sırasında bir priz-fiş tablosunda (telefon santrellerindeki jack panel'e benzer tarzda) toplanmıştır. Bu tabloda komşu iki prize sokulan fişlerin bağlı bulunduğu kutular dolayısıyla elemanlar irtibatlanmış olurlar. Kolaylık bakımından bu ikinci sistem faydalı olmakla beraber hatların uzunluğu dolayısıyla hassasiyetten kaybettiricidir. (Şekil: 3 ve 4 de bu iki ayrı tip görülmektedir.)

Model süratli ikaz karakteristiği olan bir motor - generator gurubu üe beslenir. Modelin seçilen frekansının sabit tutulması gerektiği aşikârdır. Bu frekansta besleme geriliminin %0,1 - 0,2 den az bir sapma ile sabit tutulması için elektronik regülatörler kullanılır. Bu besleme gerilimi model içerisinde münferit santralleri temsil edecek olan tnfazeden monofazeye dönüştürücü ünitelere verilir. Bunlar makınaların çıkış gerilimlerinin değerlerini ve faz açılarını elde etmeye imkân veren faz açısı ve gerilim büyüklüğü bakı-



ŞEKİL : 3

Birinci tipten bir çebeke modeli ve kumanda masası



ŞEKİL : 4

İkinci tipten bir model ve kumanda masası

mından kabfi ayar selsyn üniteleridir. (Şekil 5) Bu ünitelerin dirençleri kabili ihmal mertebeden olup reaktanslarının kompanse edilmesi gerekir.

Bugün kullanılan modellerde ölçme aletlerinin yüksek enerji çekişi sebebiyle direkt ölçme kul"anılmaz. Amplifiye edilerek ölçü veya hassas doğru akımlı aletler kullanılması adettir. Hata sınırın büyüklükler için % 0,3 ve açılar için 15 dakika olacak bir ölçme ihtiyaca yeter, ölçme aletleri umumiyetle aletin merkezi bir yerine yerleştirilmiş olan kumanda masasında olup yatay tiptendirler. Bunlardan başka birçok modellerde besleme elemanları tablo tipi aletlerle teçhiz edilmişlerdir.

Bu tip şebeke modellerinde çalışmak için şebeke eleman'arı için nele'rin bilinmesi gerektiği (tablo 1) de gösterilmiştir Bu modeller yardımı ile çözülen problemler (tablo 2) de verilmiştir Bunlardan başka bazı elektriki olmayan problemlerin incelenmesinde de şebeke modellerinden fayda'anılır.

Modelde çalışılırken yüzdeli (per cent)

veya birimsel (per unit) olarak değerler alınır. İncelenmesi istenilen probleme göre sistemin tek veya üç fazlı olarak ele alınması gerekir. Dengeli çalışmada, yük tevzii veya uç faz'ı kısadevrelere gibi simetrik" problemlerde sistemi tek fazlı olarak temsil edebiliriz. Simetrisiz bir problemin incelenmesinde ise doğru, ters ve sıfır sistemler temsil edilir ve problemin karakterinin icapettiği şekilde bağlanır. Her üç sistemi birden temsil etmek yerine toplam - fark metodunu kullanmak çoğu zaman zaman tasarrufu sağlar. Gerilim ve akım dağılımının bulunması, kısadevre akımlarının çıkarılması hiçbir özellik göstermez. Dinamik stabilite incelemelerinde generatörleri statik ünitelerle temsil ettiğimizden adım - adım metodu ile aletten bulunan değerler hesapla geliştirilir ve tekrar bu değer'er alete intikallettirilirler. Bu şekilde hesaplamalarda zaman kaybedildiğinden adım adım hesaplamaları yapan aletler tekamül ettirilmiştir. (1)

c) özel tip şebeke modelleri: Normal A. C. Modelinde senkron makinaların stabili-

te etudlerinde rotorun hareketini veren denklemin adım - adım metodu ile çözüldüğü yukarıda belirtildi Makina sayısı çok olan sistemlerde bu çok uzun zamana ihtiyaç gösterir. Bu zaman ihtiyacı bir yana bu metod birçok yaklaşımlar ve faraziyelerle tatbik olunabilir. Bütün bu yaklaşımlar, neticenin sıhatli olmasının zararlıdır. Mesela rotor hareketi geçici rejime geçildikten tır saniye sonra çok azalmış bir hassasiyetle incelenebilir. Bu mahzurları ortadan kaldırabilmek ve keza asenkron makinelerin temsilini sağlamak gayesi ile dinamik besleme elemanlı modeller tekamül ettirilmiştir. Electricite de France'ın bu cins modelinde 50 Hz. de 3 fazla çalışılır 12 generator temsil edilebilir. Bunlar esas karakterleri (magnetik devrenin doyma karakteri, muhtelif reaktansların ve zaman sabitlerinin değerleri) bakımından ve keza ikaz makinası özellikleri yönünde şebekedeki makinelerle aynı duruma getirilirler. Statorları normal bir alternatörünün aynı olup sadece rotorları farklıdır. Rotoru parça ilâve edilerek veya çıkartılarak farklı makinelerin elektrik ve mekanik özellikleri aynen elde edilebilir. Alternatörleri doğru akım motorları tahrik eder ki bunlar elektronik regülatörlerle teçhiz edilmişlerdir. Bu suretle şebekedeki gerçek buhar veya su türbininin IL ^Laurünun karakteristiği elde edilebilir. Yükler ya statik passif empedanslar veya dogru akım . ger.eratorlerini . çeviren asenkron motorlardır. (2)

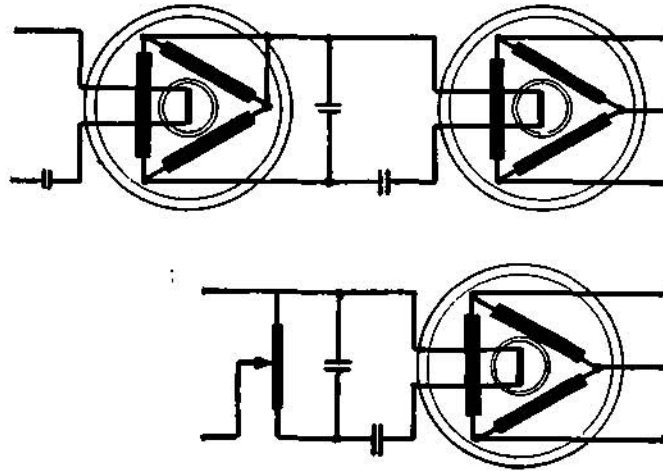
Bugün dinamik besleme elemanlı modeller yerine elektronik temsil sureti ile gerek generatorlerin ve gerekse tahrik makinelerinin bütün hususiyetleri, çeşitli regülatörler ve asenkron makineler modele intikal ettirilebilirler. (3)

Bundan başka rezistans üniteleri ile alternatif akım kullanarak güç tevzi problemlerinin ele alınmasına imkân veren Enns şebeke modeli hususiyet gösterir. (4)

Şebeke modellerinde indüktans bobinleri en pahalı elemanlardır. Bunun için 90° bir dönüşüm yapılarak indüktiviteleri kondansatörlerle ve kapasiteleri bobinlerle temsil etmek üzerinde çalışılan bir yoldur. (5)

Transformatörlerin dönüştürme oranlarından faydalanarak indüktivite ve kapasiteleri, bobin ve kondansatör kullanmaksızın temsil eden bir İngiliz patenti vardır. Blackburn modeli denen bu tipten modeller ticari gaye ile henüz pek kullanılmamaktadır. (6)

Geçici Rejim Şebeke Modelleri: (Transient analyser) Geçici rejimlerde, yürüyen dalgaların etüdünde, izolasyon koordinasyonu problemlerinde işletme frekansından çok yüksek frekanslar bahis konusu olur. Oysaki normal bir şebeke modelinin münferit elemanları bu yüksek frekanslarda değerlerini değiştirirler ve normal ölçü aletleri ile ölçülemez Bu bakımdan daha yüksek frekanslara göre tanzim edilmiş bobinlerle teçhiz edilmiş, aynı şekilde sistem elemanlarının dınenç, indüktivite ve kapasite özelliklerini müteakabil rezistans üniteleri, bobinler ve kondansatörlerle temsil eden modeller geliştirilmiştir Bunlar tertip ve tanzim bakımından normal bir A. C. modelinin aynıdır; ya nız inşaa edildikleri frekans farklıdır, ölçmeler artık normal ölçü aletleri ile yapılmaz ve katod ışıklı osilograf kullanılır. Geçici aşırı gerilimler, disjonktör çalışmasının sisteme tesiri, disjonktörlerde vukubulacak atlamalar, parafudr mevkilerinin tâyini, izolasyon



ŞEKİL : 5

Selsyn Üniteleri

yon seviyesinin tayıni ve yürüyen dalgaların tesirleri bu tip modeller yardımı ile ince- nirlir.

Bazı müesseselerde hususî hallerdeki adi metodlarla çözülmesi güç denklemler analog hesaphıycılar yardımı ile çözülürler. Bu su- retle bir geçici rejim modeline ihtiyaç kal- maz. Tabii analog hesaplayıcılar yalnız elek- triki problemlerin değil, mekanik, termik kı- saca her cins problemin çözümünde kullanı- lırlar.

Netice: Bugün büyük ölçüde enerji üre- timi ile meşgul olan firmaların ellerindeki şebekeler çok geniş ve kullanılan gerilim de- ğerleri muhtelifdir. Şebekenin tümünü ilgi- lendiren bir sorunun birçok hallerde çok kı- sa zamanda cevaplandırılması gerekir. Geniş bir bölgenin enerji temini mes'uliyetini taşı- yan müesseselerin girişecekleri faaliyetlerin sistemle bağlaşacağıın peşinen kestirilmesi gerekir. Bunlardan başka ilmi araştırma yap- mak için şebeke modellerinin lüzumu aşıkâr- dır.

Bütün bu sebeplerle artık şebeke modeli ile teçhiz edilmeyen plânlama - proje büro- su tasavvur edilemeyeceği gibi ilmi müesse- selerin de böyle aletlere sahip olmaları ge- reklidir. Nitekim bu anlayışlardır ki pek çok ilmi araştırma enstitülerinde sadece statik

besleme elemanlı A. C. modelleri ile yetiril- meyip diğer cins modellerinde tesisine gayret edilmektedir.

Bibliografya :

- (1) Jones K. M. Eight - machine transient stability computer B. T. H. Activities Mayıs - Haziran 1950 sayfa : 79 - 84
- (2) Robert M. R. Le microreseau : Modelle dynamique de R6seaux Bulletin de la Société française des Electriciens Şubat 1954
- (3) Kaneff S. Dynamic operation of an A. C. network analyser - Proceedings of IEE - Londra Ekim 1955, cilt 102 kısım A.
- (4) Ennis W. E. A new resistance type A. C. load flow board A. I. E. E. transactions cilt 70, 1951, sayfa 1721 - 26
- (5) Baatz H Netzmodelle FortschTitte der Hochspannungstec- hnik cilt 2 sayfa 406 - 423 Akade- mische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1954
- (6) Humphrey Davies M. W. Slemen G. R. Transformer - analogue network ana- lyser Proceedings of IEE - Londra cilt 160, 1953, kısım II, sayfa 469

TABLO: 2

Şebeke modeli yardımı ile el ^ ert'>wiecek bazı bilgiler

	Generatörler	Transformatörler	Hatlar	Kompansatörler	Yükler
Yük > lim etüdleri (Sistemin istenilen he- noktasındaki akım v gerilim değerin ω i	Çıkış geriliminin değeri ve faz açısı Bağlantıların kesilmesinin tesirleri Aktif, reaktif güç sınırları Yeni tesislerin en uygun yeri	Uygun güç Yükleme durumu Uygun ayar kade- mesi Aktif, reaktif güç akışı Kayıplar	Aktif, reaktif güç iletimi Uygun kesit Elverişli tanzim ve tertip Yeni hat yeri Uygun İşletme ger- ilimi Kayıplar	Büyükük Uygun mevki Bara gerilimine tesirleri Güç faktörüne tesirleri	Yük değerlerinin sistem çalışması- na tesirleri Gerilim değeri ve faz açısı Yük artışlarının ve yeni yüklerin tesirleri
Dinamik stabl ω etüdleri ω er- ω er- (Sistemin çeşitli ω er- de stabl olup ol- ğı nın tayıni)	Stabilite sınırları- nın tayıni İlave generatörle- rin tesirleri Hızlı İkazın tesir- leri Topraklama siste- minin tesirleri	Stabillteyl arttırı- cı reaktans değeri	Seri kondansatör- lerin tesiri Çeşitli arızalar 1- çin açma zaman- lan Gerekli tekrar kap^ lama zamanlan	Stabl çalışmaya tesirleri	
Arıza Hallerinin inelenmesi (Simetrlil veya si- metrisiz kısa dev- reler)	Generatörlerin simetrlil ve simetrisiz arızaları besleme akımları Disjonktörlerin açma akımları, baral amal arın açma güçlerine tesirleri Rölelerin görecekleri maksimum ve minimum akımlar, toprak iletkeninin tesirleri ve topraklama sistemlerinin mukayesesi Yüklerde arızadan dolayı hasil olacak gerilim çöküntüleri				