

**Prom. Nr. 2904**

**Beiträge zur Kenntnis  
der nichtlinearen Verzerrungen  
in Hochfrequenz-Verstärkerstufen  
mit Transistoren für kleine Signalamplituden**

Von der  
Eidgenössischen Technischen  
Hochschule in Zürich

zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften  
genehmigte

**PROMOTIONSARBEIT**

vorgelegt von

**Metin Akgün**

dipl. El.-Ing.

Türkischer Staatsangehöriger

Referent: Herr Prof. Dr. M. J. O. Strutt

Korreferent: Herr Prof. Dr. F. Tank

Juris-Verlag Zürich  
1959

## Ö Z E T

(Türkische Zusammenfassung)

Bu çalışmanın gayesi transistorlu yüksekfrekans amplifikatörlerindeki nonli-  
neer distorsyonların teorik ve denel olarak incelenmesidir.

Transistorlar genel olarak dört-üçlü gibi incelendiklerinden, evvela lineer ol-  
mıyan dört- uçluların ne şekilde hesaplanabilecekleri problemi ele alınmıştır. Dört-  
uçluları, parametrelerinin frekansa tabf olup olmamaları bakımından ikiye ayırmak  
kabildir. Parametreleri frekansa tabf olmıyan dört - uçluların matematik bakı-  
ndan tamamen belirli olmaları için giriş ve çıkış doğru akım ve gerilimleri  $I_1$ ,  
 $I_2$ ,  $U_1$  ve  $U_2$  arasında, malum şartlar altında, birbirinden müstakil iki bağın-  
tının yazılması kâfidir. Genel olarak iki değişkenli iki fonksiyon elde edilir.  
Bu iki fonksiyonu muayyen bir doğru akım çalışma noktası etrafında bir Taylor seri-  
sine açındırmakla, lineer olmıyan dört-üçlünün parametreleri bulunmuş olur. Buna  
ait hesaplar ve bu teorinin alçak frekanslarda transistora tatbiki literatürde etraf-  
lıca incelenmiştir.

Parametreleri frekansa tabf olan dört-üçluların incelenmesi daha zordur. Bu  
problemin incelenebilmesi için yukarıdaki gibi basitçe doğru akım ve gerilimlerden  
hareket etmeğe imkân yoktur, zira bunlarla dört-üçlünün frekansa tabf kısımları  
hakkında bir bilgi edinilemez. Problemin genel olarak çözümü zor olduğundan özel  
bir hal incelenmiştir: Dört-üçlünün çıkış uçlarının alternatif gerilimler bakımından  
kısa devre edilmesi hali. Bu takdirde lineer dört-üçlü denklemleri iki iki-üçlü  
denklemine irca olur. Bunlardan bilhassa bir giriş akım veya gerilimi ile bir çıkış  
akım veya gerilimi arasındaki bağıntıyı veren denklem dört-üçlünün bir transfer  
vasfını verdiğiinden enteresandır. Dört-üçlünün bu özel hali bir pentodun çalışma  
şekline benzemektedir. Yalnız aralarında şu mühim fark bulunmaktadır: Pentodun  
transfer vasfını belirten parametrelerinin hemen daima frekansa tabf olmamlarına  
mukabil, bir genel dört-üçlü için bu parametreler frekansa tabfdır. Buna rağmen  
yukarıdaki benzerlikten dolayı, pentoddan bilinen distorsyon neticelerinin genel bir  
dört-üçludan da beklenebileceğini söylemek kabildir. Hakikaten yapılan hesaplar,  
bazı farklara rağmen, distorsyonların bir pentodunkine benzediğini göstermiştir.

Yukarıdaki özel dört-üçlünün denkleminin bir iki-üçlünününe benzemesinden  
dolayı, lineer olmıyan bir direnç ve kondansatörden müteşekkil bir iki-üçlünün dis-  
torsyonları hesaplanmıştır. Çapraz modülasyonun hesaplanmasında bir amplitüd  
çapraz modülasyonunun yanında bir frekans modülasyonunun da meydana gelebile-  
ceği gösterilmiştir. Bu son netice daha evvel başka bir yerde gösterilmemiş oldu-  
ğundan enteresandır.

Bundan sonraki bölümlerde evvela müşterek tabanlı (Basisschaltung) transistordaki distorsyonlar hesaplanıp basit bir transformasyonla tatbikatta en önemli yeri işgal eden müşterek vericili (Emitterschaltung) transistor devresindeki distorsyonlara geçilmiştir. Bunun için lineer transistorun hesaplanması için kullanılan difüzyon diferansiyel denkleminin çözümü kısaca gösterilip, bu hesap tarzının lineer olmayan transistor için nasıl genişletilebileceği gösterildikten sonra harmonikler, çapraz modülasyonu ve diğer bazı distorsyonlar hesaplanmıştır. Bu hesaplarda taban direnci  $R_{bb'}$ , geçiş bölgesi kapasiteleri (Sperrschichtkapazität) ve sair ihmal edilmektedir. Bu elemanlardan bilhassa taban direnci  $R_{bb'}$ , mühim olduğundan yaklaşık bir hesapla bu da göz önüne alınarak hakikî transistora ait distorsyon formülleri elde edilmiştir.

Müşterek vericili bir transistor devresinde yapılan 3. harmonik ve çapraz modülasyonu ölçülerinin neticeleri teorinin verdiği neticelere iyi uymaktadır. Sadece, ölçü neticesinde elde edilen çapraz modülasyonunun toplayıcı (Collector) doğru akımı  $\bar{I}_C$  nin fonksyonu olarak gösterdiği gayet aşikâr minimum, yapılan basit teori-den elde edilememiştir. Mamafih ileriki bir bölümde bunun bir zıt modülasyonun neticesi olduğu gösterilebilmiş ve bu minimumun yeri ve devre dirençlerine olan bağılılığı teorik olarak da hesaplanabilmiştir.