

Bir termoçiftli dizisinin verimini tayin eden parametreler :

Temel denklemler:

Ioff [1] ve diğerleri [2, 3] bir termoçifti dizisinin verimini şöyle ifade etmektedirler.

$$\eta = \eta_c \frac{m/1+m}{1+m+1} - \frac{\eta_c}{2(m+1)} \quad i$$

Burada

$$Z = \frac{(\alpha p - \alpha n)^2}{K_i^2} = \frac{(\alpha p - \alpha n)^2}{k \rho p + k n \rho Q + \frac{PJP}{r} + nm} \quad 2$$

ve

$$v = \frac{Lp/Ad}{Lii/AO} \quad *$$

Z parametresi genellikle malzemenin iyilik faktörü olarak bilinir. Bu parametre, malzemenin α , k , ve p , ve elemanların \wedge şekil faktörü oram termoelektrik özelliklerinin bir fonksiyonudur. Denklem 2 de belirtildiği gibi iyilik faktörü, \wedge parametresi denklem 4 deki değere eşit olduğu zaman maksimumdur.

$$\phi = \sqrt{\frac{fitkp}{kn \rho p}} \quad 4$$

Böylece, elemanlara ait optimum şekil faktörü oramda, keza malzeme özelliklerinin bir fonksiyonudur. (Optimum geometri için denklem 2)

$$* \quad \phi = \frac{(\alpha p - \alpha n)^2}{[(kp/\rho)^{1/2} + (kn/\rho n)^{1/2}]} \quad S$$

özel önemi haiz denklem I deki (m) in iki değeri vardır. Birincisi $m=1$ olduğu zaman dış yüke teslim edilen güç maksimumdur. Bu şart için verim şöyledir.

$$\eta = \eta_c \frac{1}{2c \frac{2m}{zTh} - ne/z} \quad 6$$

(m) in ilgi çeken ikinci değeri maksimum verimi veren direnç oranıdır. Bu

$$M = m = \sqrt{1 + \frac{Z(Th + Tc)}{2}} \quad 7$$

olduğu zaman vukua gelir. Bu şart için verim

$$\eta_c = \frac{M-1}{C \frac{Mf-Tc}{Th}} \quad 6$$

Bu temel denklemlerin çıkarılması, malzemenin termoelektrik özelliklerinin sıcaklığa bağlı olmadıklarının kabulü esasına dayanır. Güç üretimi için uygun olan malzeme özellikleri, sıcaklığa tabidir ve aslında muayyen sıcaklık sınırları içerisinde arzu edilen özellikleri gösterir. Mafih, I den 8 e kadar olan denklemlerdeki malzeme parametreleri için, uygun ortalama sıcak-

lık değerlerinin yerlerine konması zaruridir. Bu metotla hesaplanmış verim, gerçek bir metotla hesaplanmış verimle mukayese edilmektedir. Gerçek hesaplama, nümerik metotları ve büyük bir dıigital kompüter ister 'Digital-Computer'. Bu mukayesenin neticeleri, gösteriyorki sıcaklık ortalama parametreleri, dizayn hesapları için kâfi miktarda doğru neticeler vermektedir.

Temel denklemler, bir çiftin bütün direncinin, termoelektrik malzemesinin büyük çaptaki direncinden ibaret olduğunun kabulüne dayanmaktadır. Bu basitleştirilmiş kabullerle, çiftin verimi elemanların boyuna, veya ısı akışına, ve diğer dizayn parametrelerine bağlı olmadığı elde edilmiştir. Denklemler gösteriyorki verim, yalnız jonksiyon sıcaklığına, termoelektrik malzemenin özelliklerine, elemanların nisbi şekil faktörüne ve yükün direncinin jeneratör direncine oranına bağlıdır.

Pratik bir dizaynda bir çift dizisinin direnci yalnız büyük olan termoelektrik malzemesinin direncinden ibaret değildir. Komşu elemanlar arasındaki elektrotlar, sınırlı bir dirence sahiptir. Termoelektrik malzemelerinin aralarındaki ara yüzeylerde ve elektrotlardaki temas direnci keza bir çiftin 'Couple' toplam direncinin mühim bir kısmını tegkil edebilir. Bundan dolayı, pratik dizaynın performansını tahmin etmek için, temel denklemleri tadil etmek bakımından, bu faktörler için allowans kabulü elzemdir.

Temel denklemlerin değiştirilmesi :

Kontakt ve elektrot direnci allowansı olmadığı halde bir termo çiftinin direnci şöyle ifade edilebilir.

$$R_c = \frac{Lp}{Ad} \rho_p + \frac{Ln}{An} \rho_n \quad 9$$

ve hakiki bir termo-çiftinin direnci aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R_c = R_c' (1 + D) \quad 10$$

Burada

$$J = tc + fi^* \quad ti$$

$$\beta_c = \frac{\text{Temasların direnci}}{\text{Termoelektrik malzeme direnci}}$$

$$\beta_c = \frac{\text{Termoelektrik malzeme direnci}}{\text{Elektrotların direnci}}$$

Kontakt direncinin tüm değerine yardımı, aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\beta_c = \frac{2\psi/Ad + 2\psi/An}{S > pLp/Apii + />n//fi} \quad 12$$

Eğer, $L_p = L_n = L$ kabul edilirse bu denklem

$$\beta c = \frac{2\psi(1+1/\phi)}{L\rho_p[1+\rho_n/\rho_p\phi]} \quad 13$$

Denklem 13 gösteriyorki $1/\beta c$, 'I/L' ile orantılıdır. Böylece, termo - çifti direncinin kontaklar tarafından meydana getirilen kısmı, termo - çifti yüksek ısı akışı veya yüksek özgül 'Specific' güç için dizayn edildiği zaman artar, βc 'nin komple değerine, elektrot direncinin yardımı 14 numaralı denklemdeki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{P}{A} = \frac{I^2 \rho_p}{A} \quad 14$$

Eğer çiftin soğuk yanındaki elektrot direnci, çiftin sıcak tarafındaki dirence eşit kabul edilirse veya

$$(Pt/A)he^* = (Pt/A)et$$

Ozaman

$$\frac{1}{\beta c} = \frac{Z(Pt/A)he}{\rho_p L_p / A_p (1 + \rho_n / \rho_p \phi)} \quad 15$$

Denklem 15 gösteriyorki, termoelektrik ve elektrodun nisbi şekil faktörü ile ρ_c orantılıdır. Bu itibarla, eğer eleman alanları ve elektrot şekil faktörleri sabit tutulursa ve elemanların boyu iki defa azaltılırsa, ρ_c nin büyüklüğü iki defa artırılmış olacaktır.

Optimum geometrik şekilli elemanların iyilik faktörü denklem 5 ile veriliyor. Birçok hallerde, optimum geometrik şekil kullanarak elde edilen iyilik faktörünün artırılması, ilave olan dizayn maliyetini ve mekanik kompleksliği karşılama-maktadır. Eşit geometriye sahip elemanlar, 'mesela $L_p = L_n$ ve $A_p = A_n$ aynı alet ve takımlarla imal edilebilir.

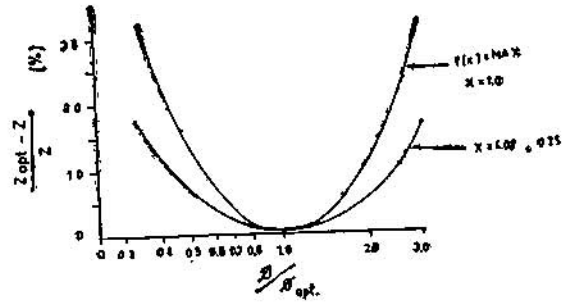
TABLO: I

EŞİT GEOMETRİYE SAHİP ÇİTLERİN İYİLİK FAKTÖRÜ, ZAMANININ MALZEMELERİNE GÖRE:

| Malzeme P tipi N tipi | C.nalritiz-oicatuIH sumCx | Ortalama Megom-santimetre | $\phi_{opt.}$ | $Z_{opt.} - Z$ Z vüzde |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|------------------------------|
| GeBiTe | 500-300 | 1.81 | 1.538 | 5.27 |
| PbTe | | 4.06 | | |
| GeBiTe | 500-50 | 1.32 | 1.075 | 0.12 |
| PbTe | | 2.65 | | |
| PbTe 1 | 500-300 | 4.92 | 0.826 | 0.91 |
| PbTe 1 | | 3.14 | | |
| PbTe 1 | 500-50 | 3.14 | 0.977 | 0.02 |
| PbTe 1 | | 2.67 | | |
| BiTe | 187-7 | 1.37 | 0.947 | 0.05 |
| BiTe | | 1.34 | | |

x Santigrat derecesi

1 Transiron Electric Corporation, Wakefield, Mass. firması tarafından imal edilmiş termoelektrik malzemeler.



$$\frac{Z_{opt.} - Z}{Z} = f(x) g(y)$$

$$f(x) = \frac{x}{(1+x)^2}, \quad x = \frac{I \rho_n}{\rho_p L_{opt}}$$

$$g(y) = \frac{(y-1)^2}{y}, \quad Y = \langle t \rangle / \langle t \rangle_{opt}$$

$$\phi_{opt.} = \sqrt{\frac{k_p \rho_n}{\rho_p k_n}}, \quad Q = \frac{L_p / A_p}{L_n / A_n}$$

Şekil: 1 — Elemanların nisbi şekil faktörlerinin iyilik faktörü üzerine etkisi.

Keza, daha ufak bir tertip elde edilebilir, eğer elemanlar aynı ölçülere sahip olursa. Bir termo-çiftinin iyilik faktörü oranı elemanların optimum nisbi şekil faktörlü veya faktörsüz olduğu halde

$$\frac{Z_{opt.}}{Z} = \frac{1 + k_n \phi / k_p + \frac{\rho_n}{\rho_p} \frac{1}{\phi} + \frac{k_n \rho_n}{k_p \rho_p}}{1 + \frac{k_n}{k_p} \frac{1}{\phi_{opt.}} + \frac{\rho_n}{\rho_p} \frac{1}{\phi_{opt.}} + \frac{k_n \rho_n}{k_p \rho_p}} \quad 16$$

Çünkü

$$k_n / k_p = \rho_n / \rho_p \quad 1/Q_{opt}^2$$

denklem 16, 17 deki gibi yazılabilir.

$$\frac{Z_{opt.}}{Z} = 1 + \frac{\frac{\rho_n}{\rho_p} \frac{1}{\phi_{opt.}} \left[\frac{\phi}{\phi_{opt.}} - 1 \right]}{\left[1 + \frac{\rho_n}{\rho_p} \frac{1}{\phi_{opt.}} \right]^2 \frac{\phi}{\phi_{opt.}}} \quad 17$$

veya

$$\frac{Z_{opt.}}{Z} = 1 + f(x) g(y) \quad 18$$

Burada

$$x = \frac{\rho_n}{\rho_p} \frac{1}{\phi_{opt.}}$$

$$y = \langle t \rangle / \langle t \rangle_{opt.}$$

Şekil 1, iyilik faktörünün, X ve Y birimsiz parametrelerin bir fonksiyonu olarak yüzde değişimini veriyor. Şu nokta nazara alınmalıdırki, optimum geometri yerine optimum olmayan geo-

metri için dizayn edilerek elde edilen iyilik faktörünün değişmesi, $f(X)$ in maksimum yeyaf $X=1$ olduğu zaman maksimum bir değerdedir. Eğer, $X=1.0$ ve $\hat{\alpha}_{opt}=1.5$ kabul edilirse, eşit geometrideki bir çiftin $\zeta=1.0$, optimum değerden ancak % 4.17 kadar az olan bir iyilik faktörüne sahip olacaktır. Bu özel misalden anlaşıldığına göre, optimum geometrinin kullanılması elemanların iyilik faktöründe kabili ihmal bir artma yaratmaktadır. Tablo I, halihazır birçok termo-elementler için eşit boyutlar yerine nisbi optimum boyutların kullanılmasıyla elde edilen iyilik faktöründeki yüzde olarak artmayı gösteriyor. Keza optimum geometrinin beher birim alan ve hacimdeki maksimum güç üzerine olan tesirinde ihmal edilebilir olduğu gösterilmektedir. Evvelce münakaşası yapılan pratik faktörleri ihtiva eden bir • kapıl 'Couple' grubunun efektif iyilik faktörü 'Z' 19 numaralı denklemde veriliyor.

$$ze = Z_{opt} \quad C_z / z_{opt.} \quad (1/1^*1)) \quad 19$$

Burada, 5 numaralı denklemle verilen Z_{opt} elemanların ideal iyilik faktörüdür, denklem 17 ile verilen Z/Z_{opt} elemanların optimum olmayan nisbi şekil faktörleri için bir allowanstır ve $(1/1+3)$, elektrot ve kontak dirençleri için bir allowanstır. Efektif iyilik faktörü, bir kapıl dizisinin performansını tayin etmek için normalize edilmiş bir grup parametre ile birlikte kullanılabilir.

Bir termo - çifti dizisinin normalize edilmiş çalışma karakteristikleri :

Bir kapıl 'çift' grubunun çalışma karakteristikleri bir takım normalize edilmiş parametrelerden tayin edilebilir. Yük voltaj ve akımı, açık devre voltaj ve kısa devre akımına tekabül edecek şekilde nisbet edilerek normalize edilebilir. Voltaj denkleminde

$$V_L = V_g - I_L R_g$$

ve mademki

$$I_M = V_g / R_g \quad \text{o zaman} \quad V_L / V_g = 1 - I_L / I_M \quad (20)$$

R_L / R_g ve I_L / I_M arasında keza bir bağlantı elde edilebilir.

Çünkü

$$I_L = \frac{V_g}{R_L + R_g} = \frac{I_M R_g}{R_L + R_g}$$

Buradan

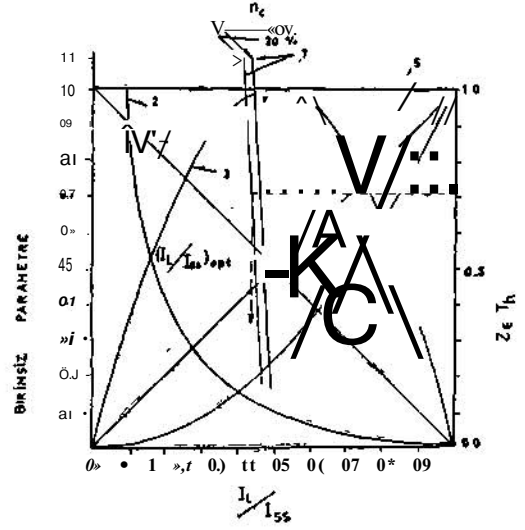
$$R_L / R_g = \frac{I - I_L I_M}{I_L / I_M}$$

Yüke teslim edilen güç ise (21)

$$P_L = \frac{V_g I_L}{(R_L + R_g)^2}$$

Bunu \hat{P}_L / \hat{P}_1 oranla normalize ederek ve maksimum gücün, $R_L = R_g$ olduğu zaman vukua geldiğini hatırlarsak denklem 22 verilir.

$$\hat{P}_L / \hat{P}_{max} = 4 I_L / I_M (1 - I_L / I_M) \quad \langle 22 \rangle$$



$$1 - V_L / V_g = 1 - I_L / I_M$$

$$2 - (1/10) R_L / R_g = \frac{1 - I_L / I_M}{10 I_L / I_M}$$

$$3 - P_L / P_{max} = 4 I_L / I_M (1 - I_L / I_M)$$

$$4 - \frac{\eta_c Q_{pa}}{P_{max}^4} = \frac{I_L C Q_{pr}}{I_M^* (1 - \eta_c)}$$

$$5 - \frac{Q_c \eta_c Z_e T_h}{P_{max}^4} = 1$$

$$6 - \frac{Q_{pr}}{2 P_{max}} = (I_L / I_M)^2$$

$$7 - (I_L / I_M)_{opt} = \frac{1}{1 + \sqrt{1 + Z_e T_h (2 - \eta_c)}}$$

Şekil 2. Seri bağlı çiftlerden meydana gelmiş bir dizinin genelleştirilmiş çalışma karakteristikleri

Üretilen toplam elektrik gücü netice olarak jeneratör içerisinde Jül 'Joule' ısısına çevrilir veya dış yüke teslim edilir. Bu güç, sıcak jonksiyonlarda absorbe edilen 'Peltier' ısısının dönüşümünden çıkarılır ve sıcak jonksiyon derecesi ile soğuk jonksiyon derecesi arasındaki bir ısı rezervuarında çalışan aksedilebilir bir ısı makinesinin verimi ile dönüştürme yapılır.

$$\eta_c = \frac{P_L + I^2 R_d}{Q_{pa}}$$

'a nazaran bu denklemi normalize ettikten ve denklem 22 de yerine koyduktan sonra P/P_{max} aşığıdaki münasebetleri meydana getirir :

$$\frac{\eta_c Q_{pa}}{4 P_{max}} = I_L / I_{ss} \quad 23$$

Soğuk jonsiyonlardan atılan Peltier ısısı şöyle yazılabilir.

$$Q_{pr} = Q_{pa} (1 - \tau_c) \text{ buradanda}$$

$$\frac{\eta_c}{4(1-\tau_c)} ; \frac{Q_{pr}}{P_{max}} = I_L / I_{ss} \quad 24$$

Sıcak jonsiyona dönen jül ısısı soğuk jonsiyondan atılan jül ısısına eşit kabul edilir ve 25 numaralı denklemle verilmektedir.

$$Q_{jr} = \frac{1}{2} I_L^2 R_g \quad (25)$$

Bunu P_{max} a oranla normalize ederek

$$\frac{Q_{jr}}{2 P_{max}} = (I_L / I_{ss})^2 \text{ denklemini elde ederiz.}$$

Denklem 1, kapılların R_L / R_g oranı bakımından verimini veriyor. R_L / R_g oranı için denklem 21, yerine konulduktan sonra verim, denklem 26 daki gibi yazılabilir.

$$n = \frac{1 - I_L / I_{ss}^*}{U_{te} Th \frac{1}{I_L / I_{ss}} - \frac{1}{2} \frac{I_L}{I_{ss}}} \quad 26$$

Sıcak jonsiyondaki bir ısı balansını yazarak ve Q_c için çözümlenmesiyle aşığıdaki eşitliği verir.

$$Q_c = P_L / \eta_c - Q_{pa} + Q_{jr}$$

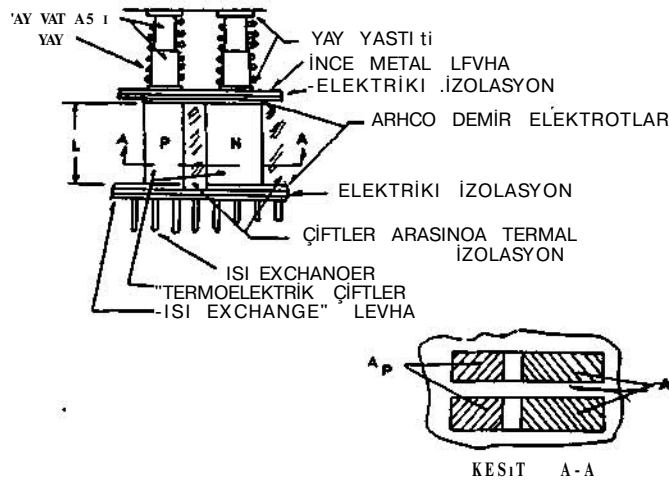
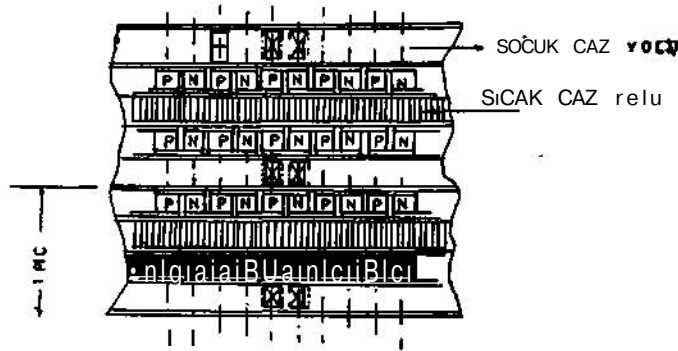
Bu denklemi P_{max} a oranla normalize edip denklem 22, 23, 25 ve 26 da yerlerine koyarsak denklem 27 yi verir.

$$\frac{Q_c \eta_c Z_e Th}{4 P_{max}} = 1 \quad 27$$

Optimum R_L / R_g oranı için ifado, denklem 7 ile verilmektedir. $(R_L / R_g)_{opt}$ için denklem 21 yerine konursa

$$(I_L / I_{ss})_{opt} = \frac{1}{1 + \left[1 + \frac{Z_e Th}{2} (2 - \tau_c) \right]^{1/2}} \quad 28$$

20 den 25'e kadar ve 27 numaralı denklemlerden normalize edilmiş parametreler, şekil 2 de J_L / I_{ss} oranının bir fonksiyonu olarak grafik şeklinde gösterilmiştir. Keza I_L / I_M oranının optimum değeri $Z_c T_h$ ve y_c nin bir fonksi-



Şekil : 3 — Termoelektrik jeneratör modeli.

yonu olarak veriliyor. Şekil 2 uygun olarak isimlendirilmiştir: «Seri bağlı bir kapıuar dizisinin genelleştirilmiş çalışma karakteristikleri.»

Seri bağlı herhangi bir kapıl dizisinin performansı, bir defa Z_c , T_h ve $\hat{}$ değerleri tespit edildikten sonra şekil 2 de verilen birimsiz parametrelerden tayin edilebilir. Meselâ, bir kapıl dizisinin verimi

$$\eta = \frac{P/P_{mat}}{\frac{Q P_a}{P_{max}} + \frac{O-c}{P} - \frac{<5-Jr}{D}}$$

Denklemin sağ tarafındaki miktar, şekil 2 den elde edilen parametreyi, uygun sabitlerle çarpmak suretiyle tayin edilebilir. Çiftlerin volt-ampere karakteristikleri, bir defa V^{\wedge} ve I_B değerleri belirtildikten sonra tayin edilebilir.

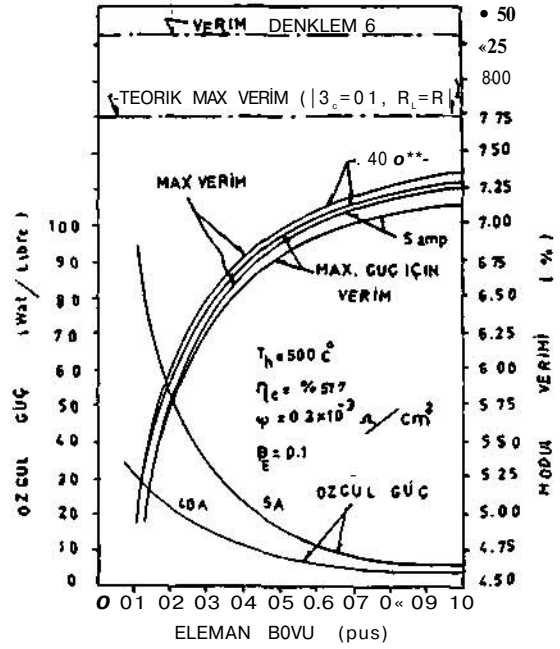
Bir jeneratör dizaynı üzerine pratik faktörün tesiri :

Şekil 3 de gösterilen jeneratör modeli, bir jeneratör performansı üzerine pratik faktörlerin tesirini göstermek için kullanılır. Takdim edilen bilgi, bu özel modele dayanmaktadır; mamafih, çıkanlan sonuçlar diğer şekillerde tatbik edilebilir.

Birim alan '1 kadem-kare' ve bir piç 'plteh' yükseklikteki bir modül 'Modüle' analiz edilmektedir. Hesaplar bir digital hesap makinesinde 'Digital-Computer' yapılmıştır. Modelin muayyen dimensiyonlan, meselâ bir kapılın, P ve N gibi bacaklan arasındaki mesafe, elektrik iletkenleri arasındaki boşluk, elektrik izolasyonunun kalınlığı, yay yastıklan, soğuk tabaka, ve ısı alışı verişi cihazı sıcak tarafı değiştirilmedi. Kullanılan dimensiyonlan, boyutlan mevcut fabrikasyon tekniği için kabul edilebilir düşünülmüştür. Yayların boyutlan, beher ayakta her pus kareye 50 libre bir sabit tazyik yükünü muhafaza etmek için değiştirildi. Bütün hesaplamalar GeBiTe 'P tipi malzeme' ve PbTe 'N tipi malzeme'nin termoelektrik özellikleri üzerine dayanmaktadır.

Eleman uzunluk ve akımının, birim ağırlığa isabet eden çıkış gücü ve verime olan tesiri şekil 4 de veriliyor. İki çalışma şartı takdim edilmektedir; birinci şart maksimum çıkış gücünü temsil ediyor, veya $R_L = R_g$, ikincisi denklem 28 Üe belirtildiği gibi, maksimum verim için optimum akımı temsil eder. Bu eğriler gösteriyor ki, bir jeneratör, verimde önemli bir azaltma yaratmadan optimum değerinden farklı bir akımda çalıştırılabilir.

Bazı hallerde, jeneratörün çıkış voltajını arttırmak için, optimum değerden az bir akımla çalıştırmak avantajlıdır. Meselâ, elektrik gücü dö-

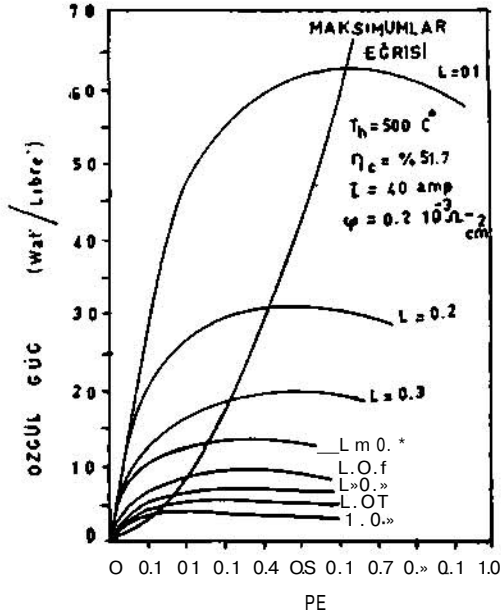


Şekil : 4 — Eleman boyu ve yük aktımının özgül güç ve modül verimine etkisi.

nüştürücüsünün verimi çok düşük voltajlarda düşüktür fakat voltajla hızla artar. Geliştirilmekte bulunan bir d - c den d - c ye regüle edilmiş çıkış konverteri, 0.50 giriş voltajındaki % 47 bir verime karşılık, 0.65 voltta % 53 verime sahiptir. Bu elektrik konverteri ve $\epsilon = 0.5$ ve $Z_c, T_h = 1$ bir termo - çifti dizisi için sistem verimi, konvertere giriş voltajı 0.65 volt olduğu zaman % 4.1 den % 4.6 ya yükselmektedir.

Şekil 5 bir modülün özgül gücüne, p_c tarafından yapılan tesiri göstermektedir. Farklı eleman boyu değerleri için eğriler familyası gösteriyorki, özgül güç, $j3_c$ sıfırdan 0.7 ye arttığı zaman, maksimum bir değere ulaşır ve sonra azalır. Küçük bir $j3_c$ değeri ile dizayn edilmiş kapıllar, büyük ve kalın elektrotlara ihtiyaç gösterir. Elektrotların fazla ağırlığı modülün tüm özgül gücünü azaltır. Kapıllar büyük bir s_c değeri ile dizayn edildikleri zaman, büyük hacimde termoelektrik malzemesine lüzum vardır. Bu da keza termoelektrik jeneratörünün çıkış gücünü düşürür. Eğriler familyasındaki maksimumlar eğrisi, elemanların boylan uzatıldığı zaman elektrot kalınlıklarında arttırılması la zım geldiğini göstermektedir.

Şu nokta kaydedilmelidirki, ölçü ünitesinin 'Modülün' verimi keza p_c nin bir fonksiyonudur, çünkü p_c nin değeri çiftlerin iyilik faktörüne tesir eder (Denklem 11 ve 19 a bakınız.) (3_c nin verim üzerine olan tesiri tablo II de şekil 5 deki $L = 0.3$ pus boy için özetleniyor.



Şekil : 5 — Elektrik iletkenleri için olan 'Alloivans' a karşı özgül güç.

özgül güç $p_c = 0.3$ olduğu zaman maksimumdur. $p_c = 0.1$ için, % 22.8 bir ağırlık dezavantajına sebep olur, mamafih, verim % 5.8 den % 6.46 ya arttırılır veyahut % 11.4 bir artma olur. özgül ağırlık ve verim arasındaki bir alış veriş şekil 5 deki eğrilerin herbirisi için yapılabilir. Bu, maksimumlar eğrisinin sol tarafına İsalet eden bir ρ_c değeri ile dizayn edilerek yapılabilir. Maksimumlar eğrisinin sağına düşen bir p_c değeri ile yapılmış dizayn, verim ve ağırlığın her ikisinde de bir dezavantaja sebep olur.

f_c , şekil 4 ile temsil edilmiş her bir form için sabittir. Çünkü p_c değeri, elemanların uzunluklarına bağlıdır ve akıma tabi değildir (Denklem 13 e bakınız) bundan dolayıdır ki, 5 ve 40 amperlik çiftlerin efektif iyilik) faktörleri, verilen bir boy için birbirinin aynıdır. Böylece, 40 ve 50 amperlik dizaynların verimleri arasındaki fark, izolasyon arasından geçen ısının tesirini temsil etmektedir. Isı kaybı 'I — SF' ile orantılıdır, burada, SF termo elemanları tarafından faydalı hale getirilen alanın kullanılabilen toplam alana oranıdır. Şekil 4 de gösterilmiş, dizaynlar için SF nin tipik değerleri tablo IÜ. de verilmektedir.

SF, eleman boyu ile azalır, çünkü beher birim alandaki çift 'Kapı' adedi artar ve şahsi elemanlar arasındaki boşluk sabit kalır. Aynı vaziyette, 40 amperlik dizayn için SF daha büyüktür çünkü elemanların alanı 5 amperlik di-

zayninkinden 8 defa daha büyüktür. Böylece SF nin azalması, çiftlerin etrafında bir ısı akışının artmasına sebep olur. Mamafih, boyla verimin azalması, esas itibariyle termoelektrik malzemesi direncine nisbetle kontak direncindeki bir artmadan dolayıdır. (Denklem 13 e bakınız). Değişik eleman boyları için ρ_c nin değerleri aşağıda veriliyor.

| L pus | β_c |
|-------|-----------|
| 0.1 | 0.82 |
| 0.5 | 0.16 |
| 1.0 | 0.08 |

TABLO II

| β | özgül güç Wat/Libre | Verim Yüzde % |
|---------|------------------------|------------------|
| 0.1 | 14.90 | 6.46 |
| 0.2 | 18.44 | 6.11 |
| 0.3 | 19.32 | 4.80 |
| 0.4 | 19.26 | 5.52 |
| 0.5 | 18.81 | 5.27 |

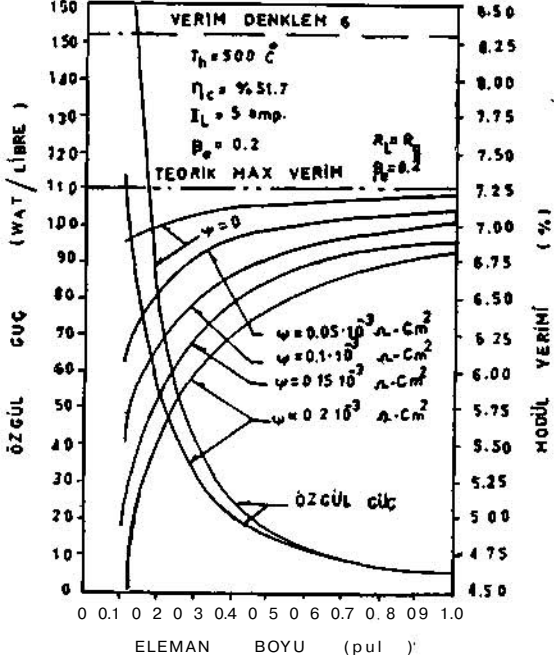
TABLO III

| L pus | SF 40 amper için | SF 5 amper için |
|----------|---------------------|--------------------|
| 0.1 | 0.725 | 0.447 |
| 0.3 | 0.802 | 0.569 |
| 0.5 | 0.836 | 0.625 |
| 0.7 | 0.857 | 0.664 |

Modülün özgül gücü eleman boyu azaldıkça artar. Bu, beher birim alandaki güç üretiminin artması ve beher birim alandaki modülün ağırlığı azalmasının bir neticesidir. Evvelce münakaşası yapıldığı gibi, daha yüksek özgül güç için ödenen dezavantaj, verimde bir azalmadır. Alçak akım çiftinin özgül gücü, bir yüksek akım çiftininkinden daha hafif bir dizayna sebep olur. Bunun sebebi, yüksek akım çifti aynı p_c yi muhafaza edebilmesi için daha büyük elektrotlara ihtiyaç gösterir. 'Denklem 15 e bakınız'. Böylece, sekiz adet 5 amperlik paralel bağlanmış modülleri, aynı yükte seri bağlanmış 40 amperlik bir modülden daha hafif bir dizayn temin edilir.

Şekil 6, kontak direncinin değişik değerleri için bir eğriler familyasını veriyor, özgül güç ve

verim, eleman uzunluğunun bir fonksiyonu olarak veriliyor. Eğri gösteriyor ki, kontak direnci, eleman boyu büyük olduğu zaman verim üzerine ufak bir tesire, fakat eleman boyu küçük olduğu zaman büyük bir tesire sahiptir.



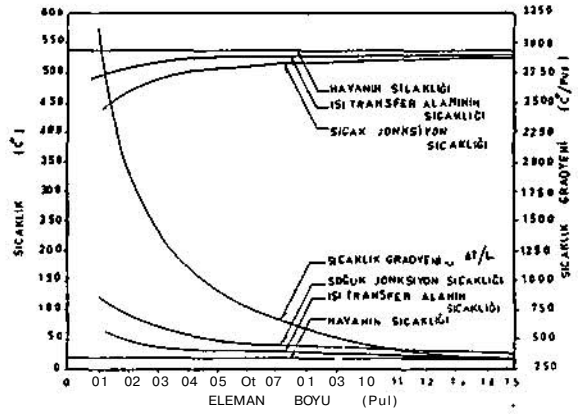
Şekil: 6 — Eleman boyu ve kontak direncinin verim ve özgül güç üzerine olan etkisi

Modülün özgül gücüne de aynı vaziyette tesir edebilir. Tablo IV., kontak direnci sıfırdan 0.2×10^{-3} om-santimetre [2] ye kadar artırıldığı zaman verim ve özgül güçteki yüzde olarak azalmayı veriyor.

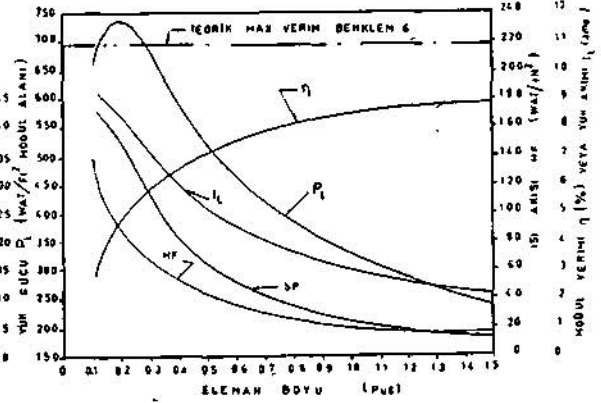
Şekil 6 ve 6 belirtilmiş, sıcak ve soğuk jonksiyon derecelerine dayanır. Hakiki bir dizaynda, bu sıcaklıklar diğer parametrelere bağlı kalmaktadır, meselâ, çiftler ve duvarlar arasındaki elektrikli izolasyonun termal direnci, ısı alış veriş yapan cihazın "Heat-Exchanger" ısı transfer karakteristikleri, ve elemanlar arasında ısı akışı gibi. Bu faktörlerin hepsi jonksiyonlarla ısı nakleden akışkanlar arasında sıcaklık değişmesine tesir eder. Isı akışı, birinci derecede elemanların uzunluklarına ve ısı nakleden akışkanların sıcaklığına bağlıdır. Şekil 7 A, jonksiyonların sıcaklığını, belirtilmiş hava sıcaklıkları için eleman boylarının ve ısı mübadele edicilerin "Heat - Exchanger" arasındaki akış hızının bir fonksiyonu olarak veriyor. Şekil 7 'B' bu şartlar için jeneratör performansını veriyor. Bu hesaplamalar için eleman alanı değiştirilmiyor. Mamafih, jeneratör akımı, eleman uzunluğu azaltıldığı zaman artmaktadır. Keza elektrotların boyutu sabit tutulur, buda elemanların beher uzunluğu için farklı bir p_c değerine sebep

olur. 7 'A' ve 7 'B' eğrilerinin parametreleri uygun yük şartları içindir. Tablo V. çiftlerin verimine tesir eden parametrelerin bir özetini veriyor (Denklem 19'a bakınız). Tablo, keza $\xi = 0$ için çiftlerin verimini veya denklem 6 ile verilen verimi ve modülün, izolasyon içerisinde ısı kaybı olduğu ve olmadığı haldeki verimini vermektedir.

Bu misal açık olarak, dizayn hesaplarındaki pratik faktörler için, bir allowans dahil etmenin ihtiyacını gösteriyor.



(A)



IB I

Şekil : 7 — Eleman boyunun etkisi.

A — Modülün sıcaklığı üzerine.
B — Dizayn parametreleri üzerine.

Şekil 7'B' ve tablo V ile gösterildiği gibi, ancak, jeneratör alçak bir ısı alışı için dizayn edildiği zaman yapılan hatalar küçüktür. Halihazır termoelektrik malzemeleri için ısı akışı, sıcaklık grad'yenl tarafından tahdit edilmiştir ve bu malzemeler tekrar edilen termal saykılar altında çatlamaya dayanıklı olacaktır. Bugün, ekseri jeneratörler beher pus kare başına 40 watt veya daha az bir ısı akışının termoelekt-

rik malzemesi içinden geçmesine göre dizayn edilmektedir.

Çünkü verilen misalde, takriben 0.5 pus boyundaki bir eleman istenecektir; şekil 7B ye bakınız. Bu beher pusta 900°C lık bir sıcaklık gradyentine 'Temperature - gradient' tekabül edecektir. Bu dizayn sınırlamaları ile alakalı, olarak elemanların uzunluğu, ısı nakil akışkanları arasındaki sıcaklık farklarına bağlı kalmaktadır; meselâ, küçük bir sıcaklık farkı kısa elemanlara ve büyük bir sıcaklık farkı uzun elemanlara ihtiyaç gösterir. Bugünün malzemesiyle, yüksek özgül güç için dizayn edilen bir jeneratör, ancak 0.25 pus boyunda olan elemanlara sahip olabilmektedir. Bu dizaynlar için, dizayn hesapları, pratik faktörler için lüzumlu düzeltmeleri ihtiva etmesi çok önemlidir.

Sonuçlar :

Elektrot ve kontak dirençleri gibi pratik faktörlerin tesirleri, aşırı optimistik neticelerden kaçınmak için termoelektrik jeneratörlerin performans hesaplarına dahil edilmelidir. Bu yazı

açıkça gösteriyorki, pratik dimensiyonlar ve makul ısı akışlarının kuulanılmasıyla yapılan jeneratör dizaynları için, bu faktörleri dikkati nazara almakta zaaf gösterilmesi önemli performans hatasına sebep olacaktır. Yazı, bilinen malzeme karakteristiklerinden bir jeneratör performansını dizaynerlerin gerçek olarak değerlendirmeleri için kabul edecekleri bilgileri sunmaktadır.

TABLO IV

| L pus | SP*nin azalması | Verimin azalması |
|----------|--------------------|--------------------|
| | Verim & sıfır iken | Verim ^ sıfır iken |
| 0.1 | 45.1 % | 37.4 % |
| 0.3 | 20.0 | 17.1 |
| 0.5 | 12.7 | 9.3 |
| 0.7 | 9.4 | 6.8 |

* özgül güç

TABLO V. ELEMAN UZUNLUĞU ve PRATİK FAKTÖRLERİN MODÜL VERİMİNE OLAN TESİRİ

| i pus | β_c | β_c | $\frac{Z_{opt}}{Z}$ | Z_{opt} (Derece • K ⁻¹) x10 ³ | Z (Derece * K ⁻¹) x10 ³ | Çiftlerin verimi, yüzde | Modül verimi, yüzde | Yüzde verim 3 = 0 denklem 6 |
|----------|-----------|-----------|---------------------|---|---|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1,5 | 0,044-1 | 0,0^66 | 1,001 | 1,079 | 0,978 | 9, U | 8,87 | 9,81 |
| 1,2 | 0,0553 | 0,0712 | 1,000 | 1,081 | 0,961 | 8,88 | 8,64 | 9,71 |
| 1,0 | 0,0666 | 0,0859 | 1,000 | 1,083 | 0,940 | 8,65 | 8,42 | 9,62 |
| 0,8 | 0,0839 | 0,1080 | 1,000 | 1,086 | 0,910 | 8,33 | 8,10 | 9,48 |
| 0,60 | 0,1131 | 0,156 | 1,000 | 1,091 | 0,867 | 7,82 | 7,61 | 9,31 |
| 0,15 | 0,1531 | 0,1968 | 1,000 | 1,098 | 0,813 | 7,20 | 7,01 | 9,07 |
| 0,35 | 2,2000 | 0,2563 | 1,000 | 1,102 | 0,757 | 6,59 | 6,41 | 8,79 |
| 0,2 | 0,-1698 | 0,4663 | 1,002 | 1,115 | 0,605 | 4,93 | 4,79 | 7,96 |
| 0.1 | 0,8172 | 0,9854 | 1,108 | 1,137 | 0,402 | 2,78 | 2,70 | 6,51 |

x Kelvin derecesi.

Terim listesi :

- A : Kesit alanı
I : Akım
K : Termoelemanların termal kondüktansı,
 $k_p A_p J L_{jp} 4-K_n A_n / L_n$
k : Termal kondüktivite
L : Termoelemanların boyu
l/A : Elektrot şekil faktörü
M : Direnç oranı değeri, m, maksimum verimi verir, denklem 7 ye bak

- m : Direnç oranı R_L / R_g
P : Çıkış gücü
 P_{max} : Çıkış gücü $R_L = R_g$
 Q_c : Kondüksiyon vasıtasıyla ısı akışımın sürati
 Q_{jr} : Sıcak jonksiyonlara dönen jül ısısı ve soğuk jonksiyonlardan atılan jül ısısı
: Soğuk jonksiyonlarda atılan Peltier ısısı
 $Q_{p>}$: Absorbe edilen 'Peltier' ısısı.
 R_c : Çift 'Couple' direnci

: Sıfır elektrot ve kontak dirençli termo-
 elektrğin direnci
 T : Sıcaklık
 V : Voltaj
 V_g : Açık devre voltajı
 Z : Çiftin iyilik faktörü, denklem 2 ye ba-
 kınız.
 Z_{opt} : Çiftin, ff — optimum durumundaki iyilik
 faktörü, denklem 5 e bakınız.
 Z_e : Efektif iyilik faktörü, denklem 19 a ba-
 kınız.
 α : Termoelektrik malzemesinin 'Seebeck'
 katsayısı.
 β : Kontak ve elektrot dirençlerinin, termo-
 elektrik materyallerinin direncine ora-
 nı.
 β_s : Elektrotların nisbi direnci ve termoelek-
 trik malzemeleri direnci
 γ : Kontakların nisbi direnci ve termoelek-
 trik malzemenin direnci
 δ : Termal verim
 ϵ : Carnot verimi
 P : Elektrik! rezistivite

ζ : P ve N ayaklarının nisbi geyik faktörle-
 ri, denklem 3 e bak
 $\langle j \rangle_{opt}$: P ve N ayaklarının optimum nisbi şekil
 faktörü, denklem 4 e bakınız.

Alt harfler :

c : Soğuk jonkslyon
 ce : Soğuk elektrot
 g : Jeneratör
 h : Sıcak jonkslyon
 he : Sıcak elektrot
 n. : N ayak
 P : P ayak

Referanslar :

1. Semiconductor Thermoelements and Thermo-
 electric Cooling, A.F. Ioffe. Infoseach Ltd.,
 London, England, 1957, pp. 36-40
2. Thermoelectric Materials and Devices, I. B.
 Cadoff, E. Miller Reinhold Publishing Cor-
 poration, New York, N. Y., 1960, pp. 199-50
3. Direct Conversion of Heat to Electricity,
 J. Kaye, J. A. Welsh. John Wiley and Sons.
 Inc., New York, N. Y., 1960, pt. D.

İ L Â N

1967 yılı Elektrik Mühendisliği Ajandasını ilân tarifesi aşağıda ve-
 rilmiştir. İlân verecek sayın üye ve müesseselerimize her türlü kolaylığın
 yapılacağını bildirmekle bahtiyarız.

| | |
|-----------------------|-----------|
| Ajanda boyutları : | 11X17 cm. |
| İki renkli tek sayfa | 600 TL. |
| İki renkli çift sayfa | 1000 » |
| Renksiz çift sayfa | 400 » |
| Renksiz tek sayfa | 700 » |

Hüviyetimi kaybettim. Hükümsüzdür.

444 - Emel BAYKAI,