دراسة نظام تبريد كهروحراري للاستخدام الطبي

إبراهيم الأمين

قسم هندسة الطاقة، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب

محمود الحسين

قسم هندسة الطاقة، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب

الملخص

فسحت الظاهرة الكهروحرارية المجال لاستخدام أنظمة التبريد الكهروحرارية TECS في مختلف مجالات التكنولوجيا. أظهرت الدراسات على إمكانية تطبيق هذه التقنية مما لها أثر إيجابي على الإنسان مما يحتاجه من تبريد وتدفئة.

يهدف البحث إلى دراسة العمليات التي تحدث في TECS، وأثر التبريد والتدفئة على بعض أجهزة الجسم البشري خلال العلاج الطبيعي، ضمان دقة مستويات درجة الحرارة وموثوقية عالية، فضلاً عن مجموعة معقدة من الدراسات النظرية لتشغيل TECS في ظروف غير مستقرة، والتي تتطلب وضع نماذج رياضية مناسبة وطرق خاصة لحساب، وهو أمر مهم لاتجاه التبريد والتدفئة.

لقد أثبتت الحسابات التي أجريت على النماذج الرياضية المتقدمة جدوى وضع نموذج لـ TECS للتبريد والتدفئة الموضعية على بعض أجهزة الجسم البشري.

تم مقارنة البيانات التجريبية مع القيم المحسوبة كانت متقاربة بشكل جيد. وكان أقصى انحراف بين المنحنيات النظرية والتجريبية أقل من 7% ، ولم يتجاوز القيم المسموح بها.

كلمات مفتاحية: التبريد الكهروحراري، انتقال الحرارة، تصميم أنظمة التبريد.

المصطلحات

$o.f.$ – مكان العلاج (القدم)؛ f – معامل الاحتكاك؛

T – درجة الحرارة $[^0C]$؛ α – الانتشارية $[m^2/K.s]$؛

v – السرعة $[m/s]$؛ TEB – البطارية الكهروحرارية؛

I – شدة التيار الكهربائي $[Amp.]$؛ L – السماكة $[m]$؛

P – الضغط $[N/m^2]$؛ ρ – الكثافة $[kg/m^3]$؛

λ – عامل التوصيل الحراري $[W/m.K]$؛ t – الزمن $[s]$؛

q – كمية الحرارة $[W/m^2]$؛ $TECS$ – نظام التبريد الكهروحراري؛

r – المقاومة الكهربائية $[\Omega]$؛ 1 – موضع على سطح العلوي للقدم؛

0 – موضع على الكائن البشري؛ i – عدد الطبقات؛

c – بارد؛ h – ساخن.

١. المقدمة

فسحت الظاهرة الكهروحرارية (أن التيار الكهربائي المار بدارة مؤلفة من أنصاف نواقل مختلفة يتسبب بامتصاص الحرارة في أحد جوانبها وإطلاقهـا فـي الجانب الآخر)، المجال لاستخدام TECS في مختلف مجالات التكنولوجيا. كما تـم تجميعها نتيجة لهذه الدراسات وإيجاد أنصاف النواقـل جديـدة، وكـذلك سـاهمت المخاوف المتزايدة في مجال اقتصاديات الوقود والانبعاثات المؤذية لوسائط التبريـد CFC وتأثيرها على البيئة وخاصة على طبقة الأوزون بإنعاش الاهتمـام بالتقنيـة الكهروحرارية، في التطبيقات العملية، والبدء في إنتاجها. آفاق تطوير وتنفيذ هـذه التقنية من التبريد يحدده عدداً من المزايا مقارنة مع نظائرها مـن أنظمـة التبريـد الأخرى، وهي: (١) حساسية فائقة في ضبط درجات الحرارة المطلوب، (٢) سهولة الأداء والإصلاح والصيانة، (٣) صغيرة الحجم، (٤) عدم وجود أي ضوضاء لعدم وجود أجزاء متحركة، (٥) صداقتها للبيئة لعدم وجود وسيط تبريد، مثل الفريونات.

٢. البحث وتحليل نظام التبريد الكهروحراري

٢.١. التحليل النظري

من أساليب العلاج هنالك العلاج الفيزيائي الطبيعي، ويوجد عدد من العوامل الفيزيائية الطبيعية (الكهرباء، البرودة، الحرارة، الضوء، الصوت، الخ). يمكن الاستفادة من العلاج الطبيعي وذلك بعدم وجود ردود فعل سلبية من الإنسان أثناء العلاج. وهكذا، فإن استخدام العلاج الطبيعي هو من العوامل التي تؤثر على بعض أجهزة الجسم البشري مطبق عملياً حتى يومنا هذا، لهذا السبب، تم التفكير بإيجاد تقنية جديدة للعلاج الطبيعي تستخدم التبريد والتدفئة وكانت تقنية TECS.

الطرق الموجودة حالياً والمستخدمة في المراكز الطبية للعلاج الطبيعي، على أساس أثر البرودة والحرارة (الحمامات الباردة والساخنة)، فضلاً عن مجموعة متنوعة من الأجهزة، والتي تقوم على استخدام المبردات الصلبة والسائلة، لا توفر الشروط الطبية اللازمة من التبريد والتدفئة مع الزمن المطلوبة. تُعرف أنظمة التبريد والتدفئة بأنها ذات أبعاد هندسية كبيرة.

من تحليل الوضع الحالي لـ TECS، وتطور آفاق الرعاية الصحية، وأثر التبريد والتدفئة على جسم الإنسان واستخدام الـ TECS لعلاج أمراض مختلفة بالعلاج الطبيعي. وضع تحدياً أمام مصممي أنظمة التبريد والتدفئة.

لمواجهة التحدي المتمثل في الجمع بين أنظمة التبريد والتدفئة في فترات مختلفة، والسيطرة على مستويات درجة الحرارة، الذي لا يمكن تحقيقه إلا من خلال استخدام TECS. الوضع الأمثل للتحول من التبريد إلى التدفئة، لكائنات بيولوجية معينة هو: [min] (٥-٣) زمن التعرض للبرودة و [min] (٣-٢) زمن التعرض للحرارة. لدورة تبريد واحدة لـ TECS سيكون معامل الطاقة أعظمي وسعة التبريد أعظمية. في مثل هذه الدارات وعلى المدى القصير لـ TECS سوف يغير من خصائصه، وعلى وجه الخصوص، معامل التبريد وكفاءة الطاقة، والسعة العظمى للتبريد، الأمر الذي يتطلب بحث خاص واختيار الظروف المثلى. تأثير التعرض للتبريد والتدفئة على الكائن البيولوجي عن طريق الجمع في وقت واحد

بين مناطق التدليك الميكانيكي المنعكس من الجسم، والعمل بالأخذ في الاعتبار استخدام طبقة حبيبية بين TEB (التدفئة) والكائن من التعرض، التي تقوم بدور المقاومة الحرارية بين الـ TECS ومكان العلاج (القدم) للكائن البشري.

نعتبر طرق حساب ومحاكاة العمليات الحرارية والكهربائية في TECS، وتحليل البارومترات والأكثر أهمية: الاستطاعة العظمى للتبريد، وعامل أداء النظام.

إن تعرض الأنسجة للتبريد يسهم في تبديل الوضع في درجات الحرارة المنخفضة وتقلل من شدة العملية الالتهابية المحلية، والإحساس بالألم واختفائه بالكامل، ويستخدم العلاج بالتبريد على نطاق واسع في علاج الأمراض الالتهابية المزمنة، والجروح والحروق والتهاب الوريد التخثري. انخفاض حرارة الجسم الموضعية هي أيضا مفيدة في حالة وقوع إصابات، بما في ذلك الكسور وحالات الالتهابات.

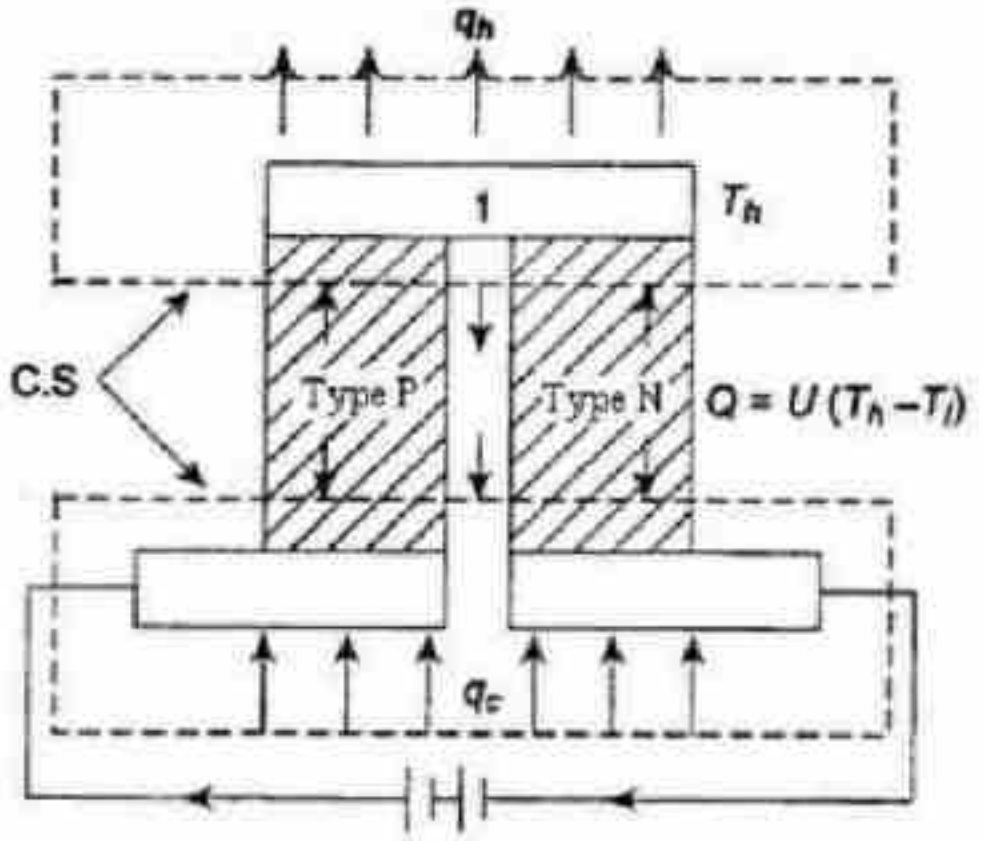
هناك طريقة أخرى من الأثر الحراري الموضعي على الجسم هو الأسلوب بالتأثير على النقاط النشطة بيولوجياً في الجسم البشري، كالوخز بالإبر. قد أظهرت الدراسات أنه من خلال العمل على سطح الجسم في مناطق معينة العوامل المادية، مثل التبريد والتدفئة، لأغراض علاجية يمكن أن تؤثر على وظائف الجسم الحيوية. ويتعزز تأثير التعرض للبرودة على الكائن البيولوجي عن طريق الجمع في وقت واحد من مناطق التدليك الميكانيكي المنعكس من الجسم.

لذا، من الضروري إيجاد TECS الذي يجمع بين الأثر المعاكس من للتبريد والتدفئة مع التدليك الميكانيكي، يمكن استخدامه في العلاج الطبيعي.

٢.٢. التحليل الرياضي

يمكن الجمع بين التعرض للتبريد والتدفئة بواسطة جهاز على شكل حذاء طبي (حذاء)، يمكن تنفيذ الإجراءات المتعلقة بالتعرض للتبريد والتدفئة في باطن القدم يتوافق مع نظام عكسها مع تردد معين ومدة نبض التعرض، الذي يفترض عدم وجود مقاومة حرارية بين TECS وتقاطعات وجوه الأثر. وجود حبيبات في

الجهاز، توفر التدليك الميكانيكي لمناطق منعكس القدم. وهذا يتطلب تطوير نمـوذج رياضي يأخذ في الاعتبار وجود المقاومة الحرارية بين TECS والكـائن. يمكـن اعتبار الجهاز هو نظام ثابت وغير مستقر.



الشكل (١): الشكل التخطيطي لنظام التبريد الكهروحراري.

يبين الشكل (١) الشكل التخطيطي لنظام التبريد الكهروحـراري. لتحليـل النظام، وحساب COP،...، الخ، لا بد من الأخذ بالفرضيات التالية:

١- يحدث انتقال الحرارة خلال الوصلات في النهايات فقط.

٢- لا تبادل للطاقة بين العناصر خلال الفرق الذي يفصل بينها.

٣- اعتبار قيم ثابتة لخواص المواد مثل القـوة الدافعـة الكهربائيـة (a) والمقاومة الكهربائية (R) ومعامل الضياع الحراري (U).

تعطى الحرارة والبرودة في نظام التبريد الكهروحراري حسب تأثير بلتيه بالشكل التالي:

للوصلة الباردة.

$$q_c = a_{P,N} I T_l$$

للوصلة الساخنة

$$q_h = a_{P,N} I T_h$$

لبناء نموذج رياضي لحالة ثابتة. يعتبر TECS حالة عامة لتـأثير درجـة الحرارة على الكائن البيولوجي، وتصميم النموذج المدي لتأثير العلاج بالصـدمات الكهربائية على السطح السفلي والعلوي من القدم، وهو عبارة عـن هيكـل متعـدد الطبقات يتألف من TECS وطبقة المقاومة الحرارية.

يمكن صياغة العلاقة الرياضية لحساب انتقال الحرارة لهذا النموذج نعرض المعادلات [(1)–(3)] مع الشروط الأولية والحدود [(4)–(8)]:

$$\frac{d^2T_1}{dx^2} + \frac{r_1 I_1^2}{\lambda_1} = 0 \qquad \ldots(١)$$

$$\frac{d^2T_2}{dx^2} = 0 \qquad \ldots(١)$$

$$\frac{d^2T_3}{dx^2} + \frac{q_{a,f}}{\lambda_1} = 0 \qquad \ldots(٣)$$

$$T_1\big|_{x=0} = T_{1,a,f} \qquad \ldots(٤)$$

$$\lambda_2 \frac{dT_2}{dx}\bigg|_{x=L_2} = \lambda_1 \frac{dT_1}{dx}\bigg|_{x=L_2} - q_{0,1} \qquad \ldots(٥)$$

$$\lambda_2 \frac{dT_2}{dx}\bigg|_{x=L_2} - fvP = \lambda_3 \frac{dT_3}{dx}\bigg|_{x=L_2} \qquad \ldots(٦)$$

$$\lambda_3 \frac{dT_3}{dx}\bigg|_{x=L_3} = 0 \qquad \ldots(٧)$$

$$T_1\big|_{x=L_1} = T_2\big|_{x=L_1}, \quad T_2\big|_{x=L_2} = T_3\big|_{x=L_2} \qquad \ldots(٨)$$

يتم كتابة حل هذه المعادلات على النحو التالي:

$$\left.\begin{aligned} T_1 &= \frac{r_1 I_1^2}{2\lambda_1}x^2 + C_{11}x + C_{21}; \\ T_2 &= C_{12}x + C_{22}; \\ T_3 &= \frac{q_{0f}}{2\lambda_3}x^2 + C_{13}x + C_{23} \end{aligned}\right\} \quad ...(٩)$$

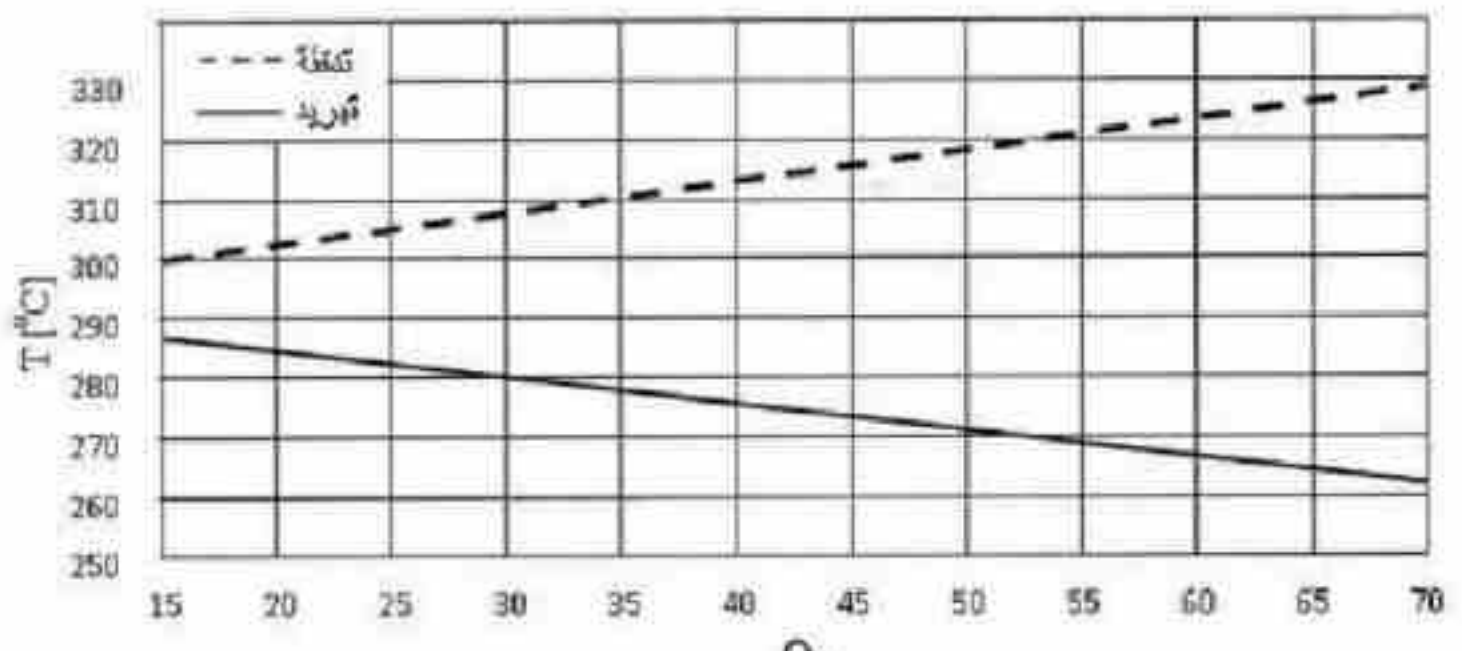
$$\left.\begin{aligned} &C_{21} = T_{1of}; C_{12}\lambda_2 = -r_1 I_1^2 L_1 C_{11} - q_{01}; \\ &-\frac{r_1 I_1^2}{2\lambda_1}L_1^2 + C_{11}L_1 + C_{21} = C_{12}L_1 + C_{22}; \\ &C_{12}L_2 + C_{22} = -\frac{q_{0f}}{2\lambda_3}L_2^2 + C_{13}L_2 + C_{23}; \\ &C_{12} - fvP = -q_{0f}L_2 + C_{13}\lambda_{31}; \\ &-q_{0f}L_3 + C_{13}\lambda_3 = -r_4 I_4^2 L_3 + C_{14} - q_{04}; \\ &-\frac{q_{0f}}{2\lambda_3}L_3^2 + C_{13}L_3 + C_{23} = -\frac{r_4 I_4^2}{2\lambda_4}L_3^2 + C_{14}L_3 + C_{24}; \\ &\frac{r_4 I_4^2}{2\lambda_4}L_4^2 + C_{14}L_4 + C_{24} = T_{4of}. \end{aligned}\right| \quad ...(١٠)$$

حيث أن: $C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}, C_{13}, C_{23}, C_{14}, C_{24}$ – الثوابت التي يحددها تكامل المعادلات.

يصف الحل الناتج توزع درجات الحرارة على سماكة كل طبقة في النموذج، ونظراً لتدفق الحرارة من داخل TEB. استناداً إلى البيانات، يمكن حساب الصيغ ذات الصلة TEB.

تم تحديد توزع درجة الحرارة في جميع أنحاء سماكة القدم، الشكل (٢) يبين أنه لم يُلاحظ عملياً انخفاض درجة الحرارة على السطح، يرجع أساساً إلى وجود تبادل حرارة وطرح الحرارة على سطح واحد (أسفل) من القدم والعزل من جهة أخرى صغير مقارنة مع تدفق الحرارة من السطح السفلي.

ندرس حالة TECS مع حركة القدم على سطح الحبيبات (التدليك الميكانيكي)، وهو عامل مهم، الاتصال بين TECS والسطح العلوي من القدم غير تام. يمكن حساب التبادل الحراري بين TECS وسطح الحبيبات بالمعادلة (٦) مضاف إليها القيمة $(r.v.P)$ التي تحدد ضياع الحرارة، مما يؤدي إلى عدم الاتصال (انزلاق) بين السطحين. كمية الحرارة الضائعة عند سماكة طبقة من الحبيبات $0.02[m]$ تسبب خفض درجات الحرارة بحدود $(1-0.5)[^{\circ}C]$ يمكن خفض هذه القيمة بزيادة معامل التوصيل الحراري للحبيبات، وذلك بتحديد السماكة المثلى للطبقة.



الشكل (٢): علاقة درجة حرارة القدمين على عمق $0.025[m]$ وسعة التبريد TEB عند التبريد والتدفئة.

تعتبر عملية تبادل الحرارة بين TEB والكائن البشري (القدم)، عملية عابرة (غير مستقرة). يمكن حسابها للنموذج، بالمعادلة (١١) مع الشروط الأولية والحدود:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q_1; \\ &T(x)\big|_{t=0} = T_0; \lambda \frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=L} = q_2; T\big|_{x=0} = T_1 \end{aligned}\right\} \quad ...(١١)$$

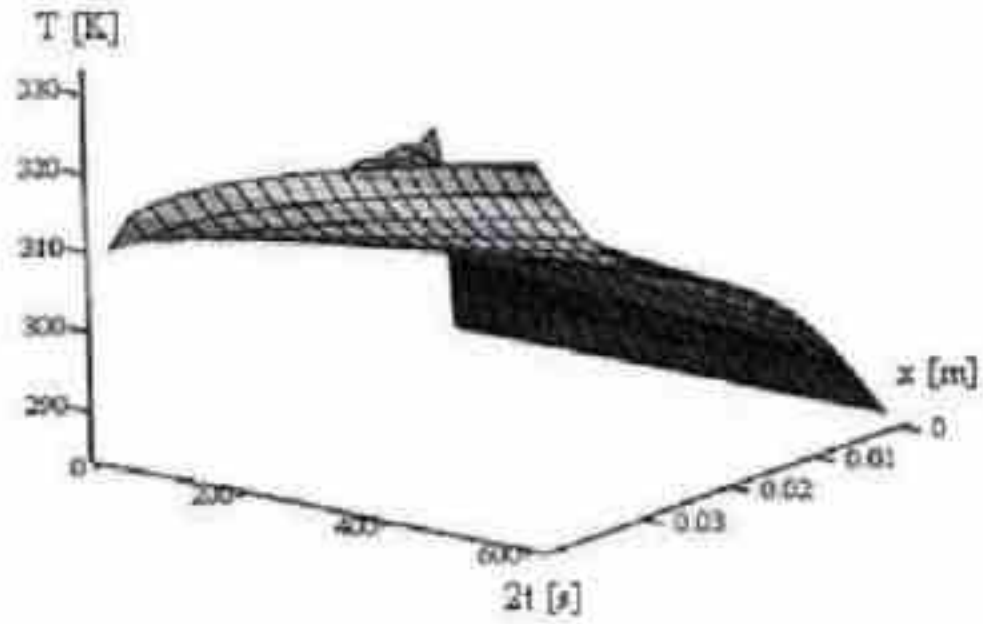
حيث أن: $\alpha = \frac{\lambda}{c\rho}, q_1 = \frac{q_{v.f}}{c\rho}$ – تدفق الحرارة في داخل القدم TEB؛ λ – معامل التوصيل الحراري للقدم؛ ρ – كثافة القدم؛ T_0 – درجة حرارة القدم (في معظم الحالات $36.6[^0C]$)؛ T_1 – درجة الحرارة على السطح العلوي للقدم.

لحل هذه المعادلة نستخدم التفاضلة المستمرة وبعد التحولات المناسبة نحصل على التالي:

$$\left.\begin{aligned} &T(x,t) = T_1 + \frac{q_2}{\lambda}x - q_1\left(\frac{x^2 - 2xL}{2\alpha}\right) - \sum_{i=1}^{i=\infty}\left(\frac{2(-1)^{i+1}}{\mu_i}\right)e^{-\mu_i^2\frac{\alpha t}{L^2}} \\ &\left\{\frac{q^2 L}{\lambda\mu_i}\sin\mu_i\frac{x}{L} + \left(T_1 - T_0 + \frac{q_1 L^2}{\alpha\mu_i^2}\right)\cos\mu_i\left(\frac{x-L}{L}\right)\right\} \end{aligned}\right\} \quad ...(١٢)$$

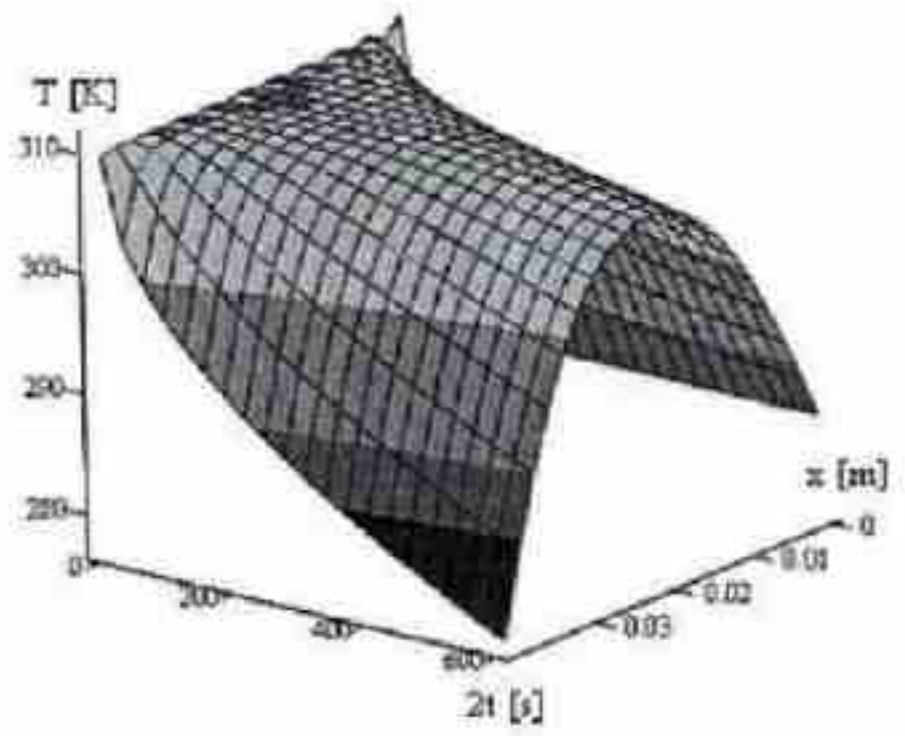
يوضح الشكل (٣) و (٤) توزع درجة الحرارة في جميع أنحاء سماكة القدم لقيم مختلفة لـ q_2. ويبين الشكل (٣) الحالة عندما يكون هناك تبريد سطح واحد من القدم والتدفئة من جهة أخرى، كما في الشكل (٤) التبريد على كل السطوح عكس القدم. وكانت البيانات الأولية لكلتا الحالتين حسب المعطيات التالية:

$$q_2 = 1000\,[W/m^2]\;;\; L = 0.04\,[m]\;;\; \lambda = 0.4\,[W/m.K]\;;$$
$$T_1 = 285\,[K]\;;\; a = 0.1\times10^{-6}\,[m^2/K.s]\;;\; q_1 = 10^{-6}\,[W/kg]\;;$$
$$x = (0-0.04)\;;\; t = (0-600)[s]\;;\; T_0 = 310[K]\;.$$



الشكل (٣): علاقة توزع درجة الحرارة في جميع أنحاء سماكة القدم
عند تبريده وتسخينه من الطرف الآخر للزمن عند:

$$q_2 = 1000[W], T_1 = 285[K], T_0 = 310[K]$$



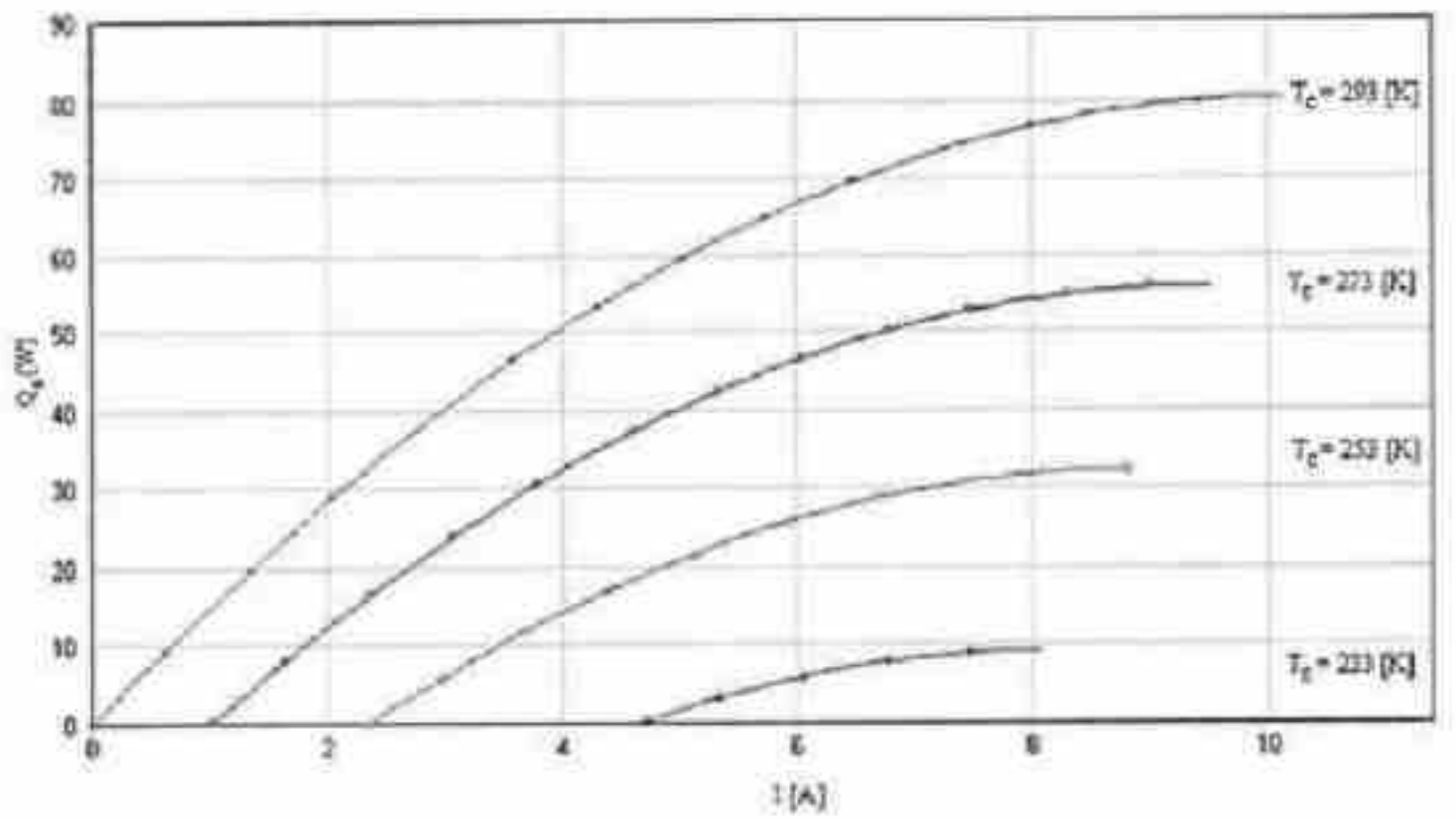
الشكل (٤): علاقة توزع درجة الحرارة في جميع أنحاء سماكة القدم عند تبريده للزمن عند:

$$q_2 = 1500[W], T_1 = 285[K], T_0 = 310[K]$$

ووفقاً للنتائج الواردة، نلاحظ تغير في درجات الحرارة على الأسطح المعاكسة للقدم صغير. النقص (الزيادة) في درجة حرارة القدم، في المناطق القريبة للسطح (الجلد)، ويعتمد فقط على سعة التبريد (أنتاج الحرارة) TEB، وانخفاض التوصيل الحراري لأنسجة القدم، وكذلك تدفقات الحرارة صغيرة على سطحه.

يبين الشكل (٥) و(٦) علاقة Q_{TEB}، وقيم التيار الكهربائي I عند قيمة ثابتة لدرجة حرارة تبريد القدم ($T_{TEB_c} = 263[K]$) والطاقة الكهربائية المستهلكة. واستناداً إلى هذه البيانات، يمكن الاستنتاج أن القيم المقبولة من الطاقة الكهربائية وتيار التغذية، لا يتجاوز في هذه الحالة $I[A]5$.

الشكل (٥): علاقة سعة تبريد TEB وقيمة الاستطاعة الكهربائية.



الشكل (٦): علاقة سعة تبريد TEB وقيمة تيار التغذية.

يمكن اعادة الدراسة هذه على المناطق (على سبيل المثال: سطح باطن الأيدي، وباطن القدمين، والمنطقة المحيطة بصيوان الأذن، الأنف، الخ). تعطى معادلة التوصيل الحراري بالشكل التالي:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right) + \frac{1}{c \cdot \rho} P(r,\varphi) \qquad \ldots(١٣)$$

الشروط الأولية والحدود:

$$T\big|_{t=0} = 310K \;\; T\big|_{r=0} = T_0 = 310K \;, \frac{\partial T}{\partial r}\Big|_{r=0,\varphi=0} = 0 \;, \frac{\partial T}{\partial \varphi}\Big|_{r=0,\varphi=0} = 0 \;,$$

$$T\big|_{r=R,0\le\varphi\le 2\pi} = T_0$$

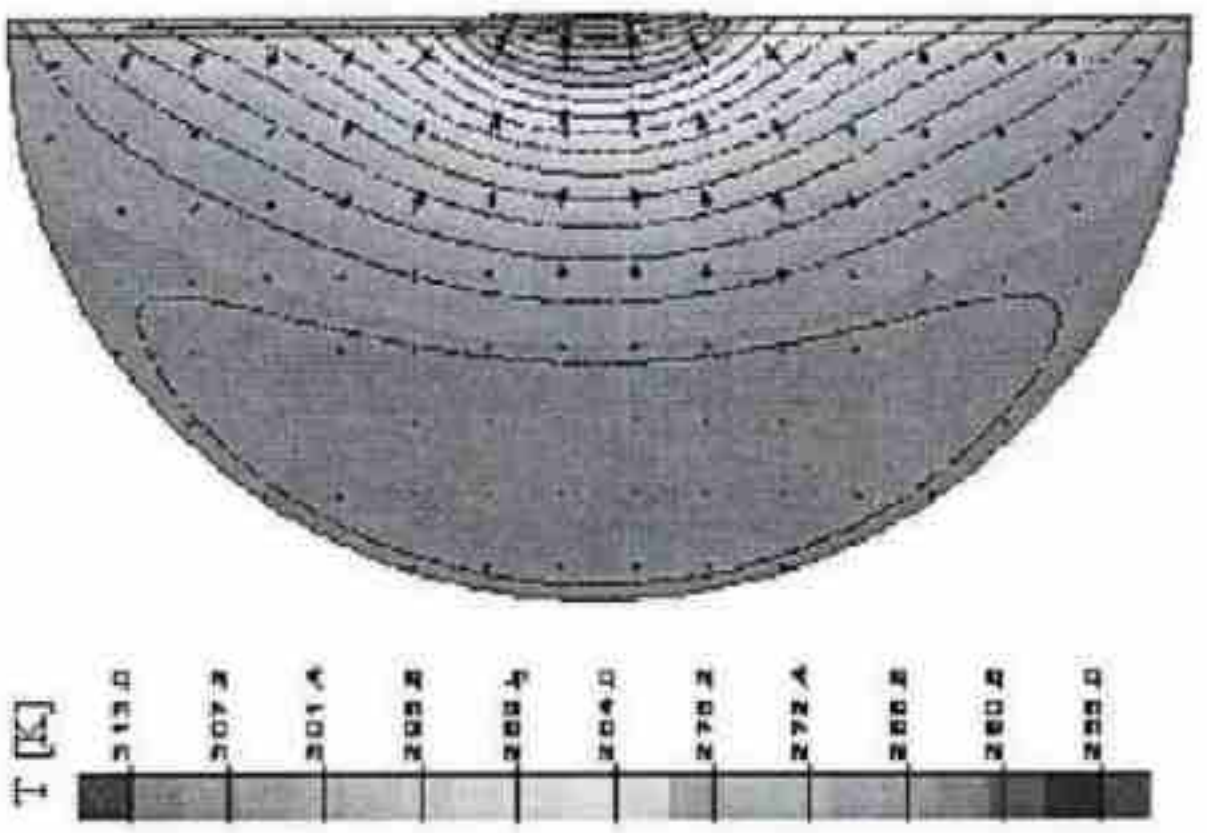
$$P(r,\varphi) = \begin{cases} \dfrac{Q_{TEB}}{\pi r_1^2} + q_{e.f.} \\ 0 \le r \le r_1, 0 \le \varphi \le 2\pi \\ r_1 \le r \le R, 0 \le \varphi \le 2\pi \\ T\big|_{t=0} = 310\ K \end{cases} \qquad \ldots(١٤)$$

حيث أن: T – درجة حرارة الأنسجة البيولوجية؛ a – وانتشارية الحرارية من الأنسجة البيولوجية؛ $q_{e.f.}$ – تدفق الحرارة من الكائن البيولوجي؛

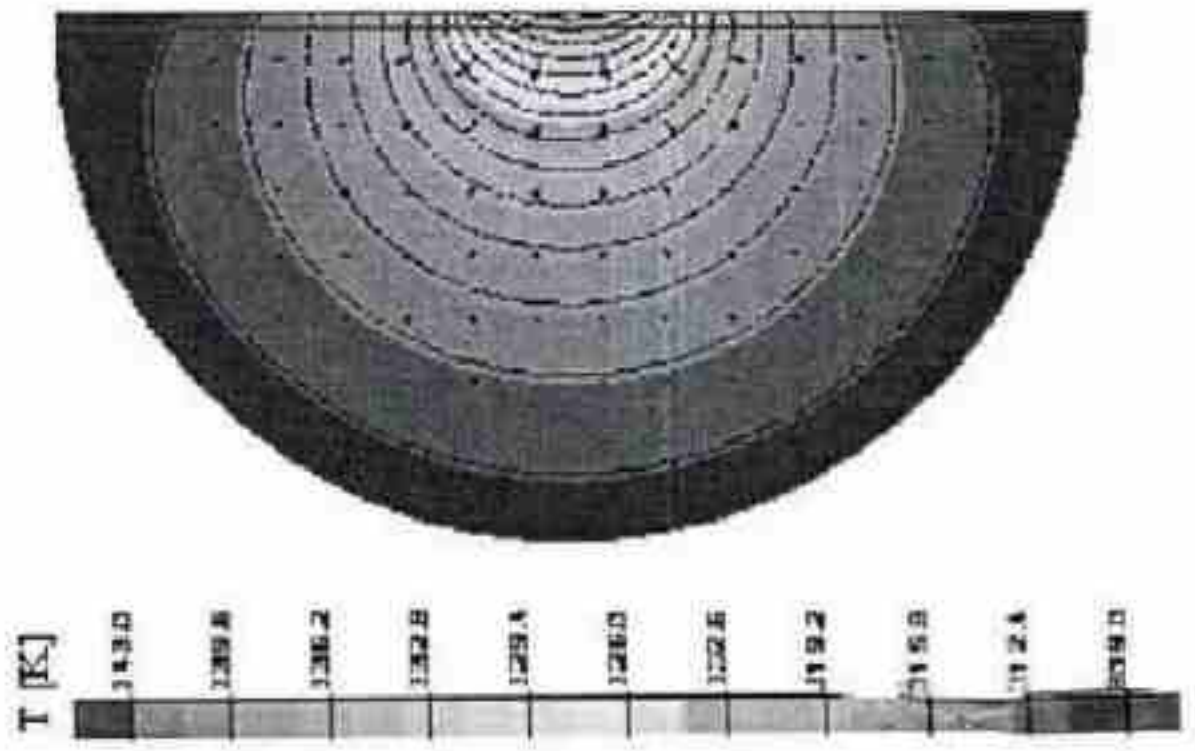
Q_{TEB} – الطاقة الداخلية للكائن البيولوجي؛ c – السعة الحرارية للأنسجة البيولوجية؛ ρ – كثافة الأنسجة البيولوجية؛ r_1 – نصف قطر دائرة النفوذ؛ R – نصف قطر دائرة النفوذ الأجزاء الثلاثة من الأنسجة البيولوجية (تأثير المصدر البارد (الساخن) عند $r = R$ درجة حرارة الأنسجة البيولوجية تكاد لا تذكر).

استنادا إلى حل المعادلة (١٣) مع الشروط الحدية (١٤) التي تم الحصول عليها عددياً لأنماط توزع درجات الحرارة على مدى حجم الأنسجة البيولوجية خلال التبريد والتدفئة بالشكل (٧) و (٨).

البيانات التي تم الحصول عليها تشير إلى فعالية كافية من الإجراءات في الشعور بتأثير درجات الحرارة على مناطق التأثير المنعكس من الجسم البشري، وتوزع واضح لدرجة الحرارة على سطح الأنسجة البيولوجية.



الشكل (٧) توزع درجات الحرارة خلال حجم الكائن البيولوجي عند التبريد.



الشكل (٨) توزع درجات الحرارة خلال حجم الكائن البيولوجي عند التسخين.

٣. الدراسة التجريبية

أثبتت الحسابات التي أجريت على النماذج الرياضية المتقدمة جدوى وضع نموذج لـ TECS للتبريد والتدفئة الموضعية على بعض أجهزة الجسم البشري.

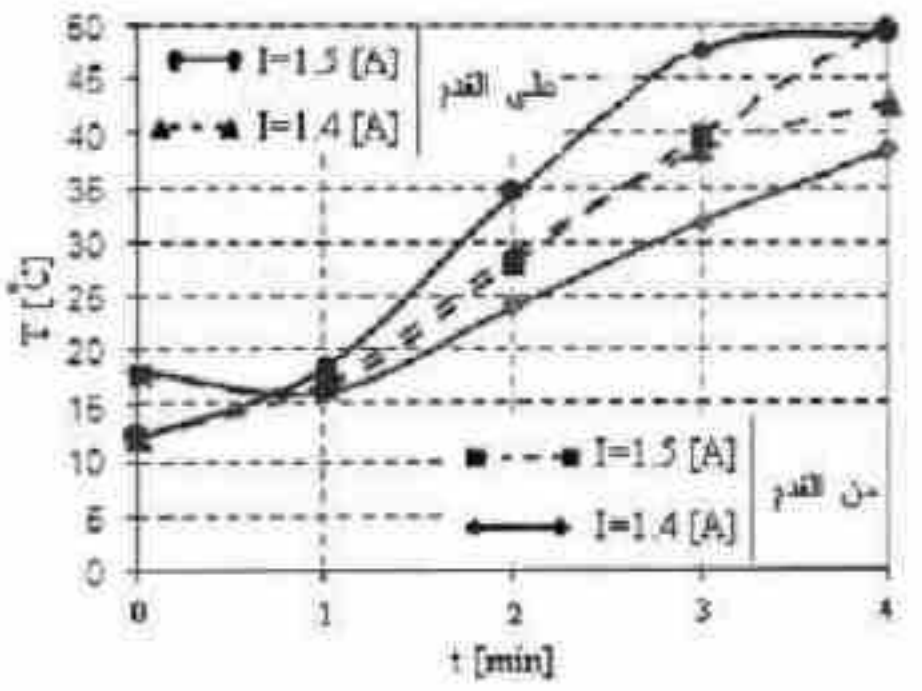
تم مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة مع الدراسات التجريبية التي تمت على TECS موديل PEBMRentium III لتبريد وتدفئة مناطق متميزة من أطراف الإنسان. وكان تطابق كبير بين النموذج الرياضي ونتائج الدراسات التجريبية.

تمت الدراسة التجريبية باستخدام كرات بأقطار مختلفة تتراوح ما بين $(10-4)[mm]$ طول الخطوة $2[mm]$. تم تحديد الضياع في الحرارة للحالة المستقرة على أساس الفرق بين درجة الحرارة الحد العلوي من الطبقة الأولى والحد الثاني ودرجة الحرارة الشريحة. وهكذا، تتراوح درجات الحرارة $(2.5-3.5)[^0C]$ عندما قطر الحبيبات يساوي $10[mm]$، و $(1-2)[^0C]$ عندما القطر يساوي $4[mm]$.

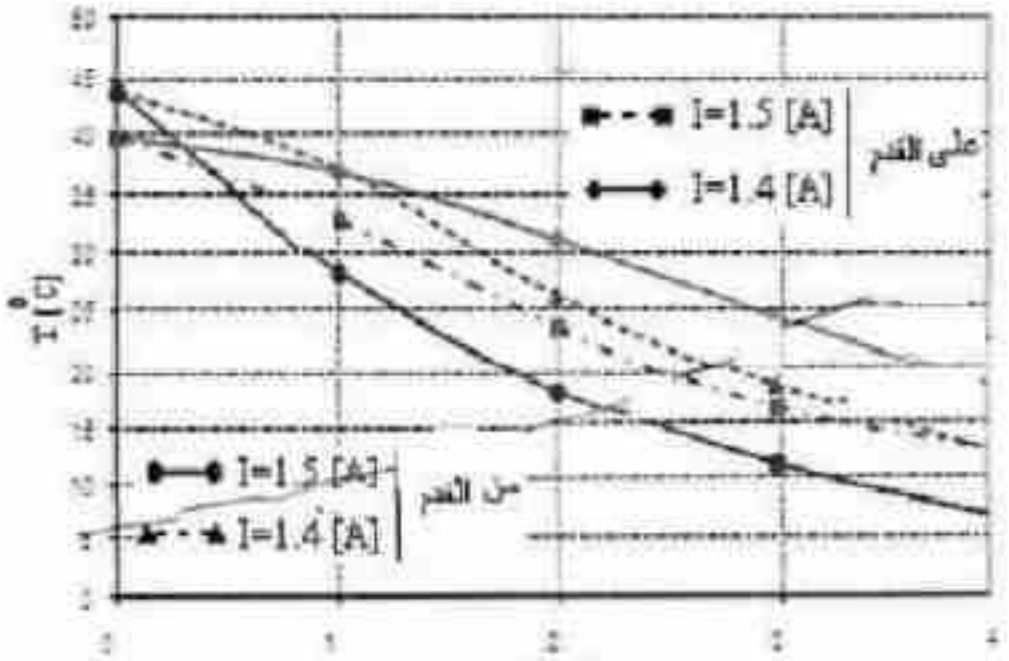
يظهر الشكل (٩) و (١٠) علاقة الزمن ودرجة الحرارة مـــابين TECS و باطن القدم لقيم مختلفة للتيار في وضع التدفئة الشكل (٩) والتبريد الشكل (١٠).

وتجدر الإشارة إلى أن درجة الحرارة تصل إلى القيمـــة $[^{0}C](45-42)$ في وضع التدفئة و $[^{0}C](12-10)$ في وضع التبريد خلال $[\min](5-3)$.

تم مقارنة البيانات التجريبية مع القيم المحسوبة كانت متقاربة بشكل جيـــد. وكان أقصى انحراف بين المنحنيات النظريه والتجريبية أقل من 7%.

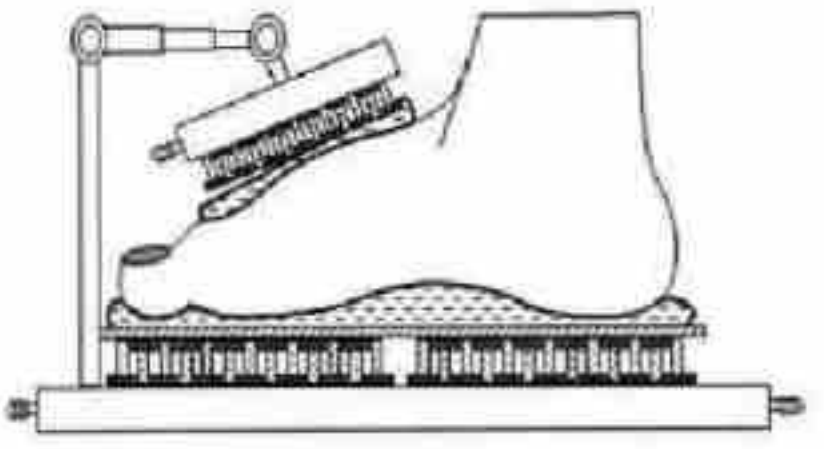


الشكل (٩): تغير درجة حرارة سطح تماس القدم مع TECS مع قيم مختلفة لتيار تغذية الـ TEB بالنسبة للزمن في وضع التدفئة.

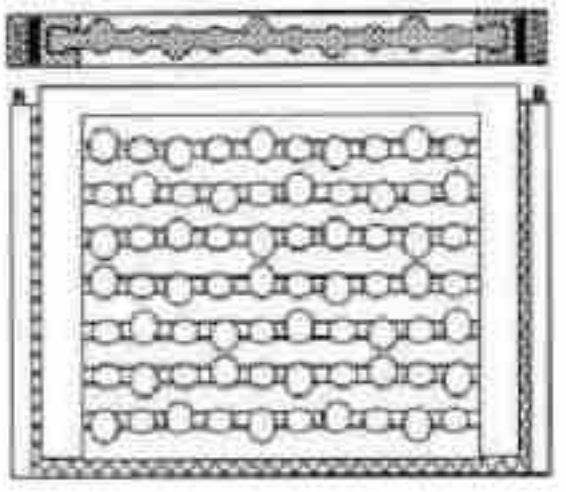


الشكل (١٠): تغير درجة حرارة سطح تماس القدم مع TECS مع قيم مختلفة لتيار تغذية الـ TEB بالنسبة للزمن في وضع التبريد.

يبين الشكل (١١) التصميم المقترح لـ TECS وهو ذو جدران رقيقة ومرنة تناسب شكل القدم. ويوضح الشكل (١٢) سطح الحبيبيات التي التـــي تـــؤمن تـــأثير التبريد والتدفئة مع التدليك الميكانيكي للقدم.



الشكل (١١): TECS للتبريد وتدفئة القدم من الأسفل والأعلى



الشكل (١٢): أشكال التخطيطي لـ TECS للتبريد والتدفئة

٤. النتائج

١- إيجاد تقنية جديدة للتبريد والتدفئة للعلاج الطبيعي تلبي جميع احتياجات الكائن البشري التي تحسن من دقة ضبط درجات الحرارة، وتجمع بين تأثير التدليك الميكانيكي. والمعالجة بتغير درجات الحرارة.

٢- النماذج الرياضية لدراسة أوضاع مختلفة للتقنية العملية، والنظر في الحمل الحراري من خلال الخصائص الحرارية للقدم، والمقاومة الحرارية من خلال التماس عند تحريك القدم على سطح الحبيبات.

٣- إثبات صحة النماذج الرياضية المتقدمة من خلال النتائج التجريبية، والتي أسفرت عن تباين بين البيانات النظرية والتجريبية التي لم تتجاوز القيم المسموح بها.

المراجع

١. Пат. ٢٢٤٥٦٩٣. C٢ A ٦١ F ٧/٠٠ Полупроводниковое термоэлектрическое устройство для локального температурного воздействия на стопу человека / Т.А. Исмаилов, Г.И. Аминов, О.В. Евдулов, М.А. Хазамова (РФ). - №٢٠٠٢١٢٥٧٨٥; Заявл. ٢٧.٠٩.٠٢; Опубл. ١٠.٠٢.٠٥, Бюл. № ٤. – ٤с.

٢. Исмаилов Т.А., Аминов Г.И., Евдулов О.В., Хазамова М.А. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального температурного воздействия на стопу человека // Решение о выдаче патента РФ № ٢٠٠٣١٢٧٣٣٣.

٣. Хазамова М.А. Устройство для массажа стопы человека /Т.А. Исмаилов, Г.И.Аминов //Новые технологии в медицине: Материалы II республиканской научно-технич. конференции. – Махачкала. ДГТУ. ٢٠٠٣. – С. ١٩٧–١٩٨

٤. Хазамова М.А. Математическая модель полупроводникового термоэлектрического устройства для теплового воздействия на стопу человека / Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов // Изв. вузов. Приборостроение.- ٢٠٠٤. - Т.٤٧, №٧. – С.٤٣–٥٠.

٥. Хазамова М.А. Применение ТЭМ для местного температурного воздействия на конечности человека / Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов // Термоэлектрики и их применение: Материалы докл. IX Межгос. семинара, Санкт-Петербург, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, ٢٠٠٤. – С. ٤٣٨–٤٤٣.

٦. Стенд для испытаний термоэлектрического устройства для физиотерапии / Исмаилов Т.А., Хазамова М.А. //Современные техника и технологии: Сб. докладов XI Международной НПК. – Томск, ٢٠٠٥. Т. ١. С. ٣٨١–٣٨٢.

٧. Хазамова М.А. Термоэлектрический полупроводниковый интенсификатор для локального теплового воздействия на биологические ткани человеческого организма // Вестник ДГТУ. Техн. науки, - Вып. № ٧, - ٢٠٠٥. С.٢٧–٣٠.

٨. Хазамова М.А. Моделирование нестационарного теплового режима отдельных зон человеческого организма при местном температурном воздействии / Т.А. Исмаилов, Р.П. Мейланов // Изв. Вузов. Северо-Кавказский регион. Новочеркасск: Технические науки. – ٢٠٠٥. №١. С.٣٤–٣٦.

Study of thermoelectric cooling system for medical use

Ibrahim Alamin
Dept. of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering,
University of Aleppo

Mahmud Alhussen
Dept. of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering,
University of Aleppo

Abstract

The thermoelectric phenomenon enables the use of TECS in various technology areas. Studies have shown the possibility of applying this technology, which have a positive impact in human life by insurance of his requirements of cooling and heating.

The research aims to study the processes that occur in TECS, and the effect of cooling and heating on some human organs during Physiotherapy, to ensure the accuracy of temperature levels and high reliability, as well as a complex set of theoretical studies for the operation of TECS in unsteady conditions, which requires the development of appropriate mathematical models and special methods of calculation, which in important for the direction of cooling and heating.

The conducted calculation on the developed mathematical models shows the importance of developing a model for TECS for local cooling and heating on some parts of human body.

Experimental data have been compared with calculated values, and there was a good agreement between them. The maximum deviation from the theoretical and experimental curves is less than ٧%, and didn't exceeds the allowed values.

Keywords: thermoelectric cooling, heat transfer, cooling systems design.