

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر

عنوان فارسی پایان نامه

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر

گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

استادهای راهنما:

نام و نام خانوادگی استاد راهنما و نام و نام خانوادگی استاد راهنمای دوم

پاییز ۱۴۰۱



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری
سیستم‌های کامپیوتری

تحت عنوان:

عنوان فارسی پایان نامه

نام و نام خانوادگی دانشجو

در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۱۱ پایان نامه دانشجو، نام و نام خانوادگی دانشجو توسط کمیته تخصصی داوران
بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|---------------------------|--|
| ۱- استاد راهنما اول | آقای/خانم دکتر نام و نام خانوادگی استاد راهنما امضاء |
| ۲- استاد راهنما دوم | آقای/خانم دکتر امضاء |
| ۳- استاد مشاور | آقای/خانم دکتر امضاء |
| ۴- استاد داور (داخلی) | آقای/خانم دکتر امضاء |
| ۵- استاد داور (خارجی) | آقای/خانم دکتر امضاء |
| ۶- نماینده تحصیلات تکمیلی | آقای/خانم دکتر امضاء |

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی
می‌باشد.

به نام خدا

نام و نام خانوادگی:

عنوان پایان نامه:

استاد راهنما:

اینجانب نام و نام خانوادگی دانشجو تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد حاضر، خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از شکل ها، جدول ها، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانت داری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء و تاریخ:

سپاس‌گزاری

خدایا تو را شاکرم به خاطر امروزم که به من عطا فرمودی...

تقديم به

.....

چکیده

[illegible]

کلمات کلیدی:

۱- کلمه‌ی کلیدی اول، ۲- کلمه‌ی کلیدی دوم، ۳- کلمه‌ی کلیدی سوم، ۴- کلمه‌ی کلیدی چهارم، ۵- کلمه‌ی کلیدی پنجم

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
د	فهرست مطالب.....
ر	فهرست شکل‌ها.....
ژ	فهرست جدول‌ها.....
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱ پیش‌گفتار.....
۲	۲-۱ بخش اول.....
۴	۱-۲-۱ زیربخش اول.....
۹	فصل دوم: مطالب اصلی
۱۰	۱-۲ پیش‌گفتار.....
۱۰	۲-۲ بخش اول.....
۱۲	۱-۲-۲ زیربخش اول.....
۱۵	۳-۲ پیش‌گفتار.....
۱۶	۴-۲ بخش اول.....
۱۸	۱-۴-۲ زیربخش اول.....
۲۱	۵-۲ پیش‌گفتار.....
۲۱	۶-۲ بخش اول.....
۲۴	۱-۶-۲ زیربخش اول.....
۲۶	۷-۲ پیش‌گفتار.....
۲۷	۸-۲ بخش اول.....
۲۹	۱-۸-۲ زیربخش اول.....
۳۲	۹-۲ پیش‌گفتار.....
۳۳	۱۰-۲ بخش اول.....
۳۵	۱-۱۰-۲ زیربخش اول.....
۳۸	۱۱-۲ پیش‌گفتار.....
۳۸	۱۲-۲ بخش اول.....
۴۱	۱-۱۲-۲ زیربخش اول.....
۴۳	۱۳-۲ پیش‌گفتار.....
۴۴	۱۴-۲ بخش اول.....
۴۶	۱-۱۴-۲ زیربخش اول.....
۴۹	۱۵-۲ پیش‌گفتار.....
۵۰	۱۶-۲ بخش اول.....

۵۲	۱-۱۶-۲ زیربخش اول.....
۵۷	فصل سوم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۵۸	۱-۳ نتیجه گیری.....
۵۸	۲-۳ پیشنهادها.....
۶۲	پیوست ها
۶۲	پ-۱ جزئیات معادله ها.....
۶۳	پ-۲ اثبات روابط ریاضی.....
۶۶	منابع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: شکل نمونه.....	۳
شکل ۲-۱: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۴
شکل ۱-۲: شکل نمونه.....	۱۱
شکل ۲-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۱۲
شکل ۳-۲: شکل نمونه.....	۱۶
شکل ۴-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۱۷
شکل ۵-۲: شکل نمونه.....	۲۲
شکل ۶-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۲۳
شکل ۷-۲: شکل نمونه.....	۲۸
شکل ۸-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۲۹
شکل ۹-۲: شکل نمونه.....	۳۳
شکل ۱۰-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۳۴
شکل ۱۱-۲: شکل نمونه.....	۳۹
شکل ۱۲-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۴۰
شکل ۱۳-۲: شکل نمونه.....	۴۵
شکل ۱۴-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۴۶
شکل ۱۵-۲: شکل نمونه.....	۵۰
شکل ۱۶-۲: قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم.....	۵۱
شکل پ-۱: تصویر مفهومی.....	۶۳

عنوان

صفحه

فهرست جدول‌ها

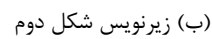
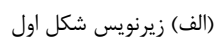
عنوان	صفحه
جدول ۱-۱: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۵
جدول ۲-۱: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۵
جدول ۱-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۱۳
جدول ۲-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۱۳
جدول ۳-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۱۸
جدول ۴-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۱۹
جدول ۵-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۲۴
جدول ۶-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۲۴
جدول ۷-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۳۰
جدول ۸-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۳۰
جدول ۹-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۳۵
جدول ۱۰-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۳۶
جدول ۱۱-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۴۱
جدول ۱۲-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۴۱
جدول ۱۳-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۴۷
جدول ۱۴-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۴۷
جدول ۱۵-۲: پارامترهای شبیه‌سازی.....	۵۲
جدول ۱۶-۲: مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی.....	۵۳

عنوان

صفحه

فصل اول

کلیّات



آورده شده است.

جدول ۱-۱ - پارامترهای شبیه سازی

ضریب اصطکاک		انتهای نرم		اینرسی (Kgm ²)		جرم (Kg)		طول (m)	
μ_{01}	0.10	c	6.74e-3	I_{c1}	$m_1 l_1^2 / 12$	m_1	0.2	l_1	0.20
μ_{02}	0.14	γ	0.0495	I_{c2}	$m_2 l_2^2 / 12$	m_2	0.2	l_2	0.20
		C_{eq}	300 (Ns/m)			m_o	0.1	l_{c1}	0.10
		α	0.20					l_{c2}	0.10
		τ_0	0.024					R	0.02
								w	0.02

جدول ۲-۱ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	۳۵/۴ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	۲۴/۸ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	۴ mJ/cm ³	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (1-1)$$

است. در رابطه ۱-۱، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (2-1)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (3-1)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۱-۱. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (۴-۱)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۵-۱)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۴-۱ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۶-۱)$$

بنابراین

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۷-۱)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶-۱ شده است و آرگومان دوم و هم‌چنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶-۱ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۱-۱. از قضیه‌ی ۱-۱ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند

جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گذردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۸-۱)$$

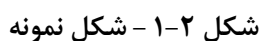
و با استفاده از رابطه ۸-۱ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۹-۱)$$

بنابراین می‌توان با انتخاب کمترین توان و نرخ برای رله از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی جلوگیری کرد. فرض بزرگ بودن ظرفیت باتری به این دلیل است که اگر ظرفیت باتری محدود باشد برای کاهش $P_r^*(i)$ با محدودیت مواجه هستیم. چون در صورت کاهش بی از حد توان رله ممکن است از ناحیه‌ی شدنی مسئله خارج شویم. به هر حال برای هر دو حالت ظرفیت نامحدود و محدود باتری جواب مسئله یکتا نیست و همواره می‌توان با کاهش توان رله مصرف انرژی را کاهش داد.

فصل دوم

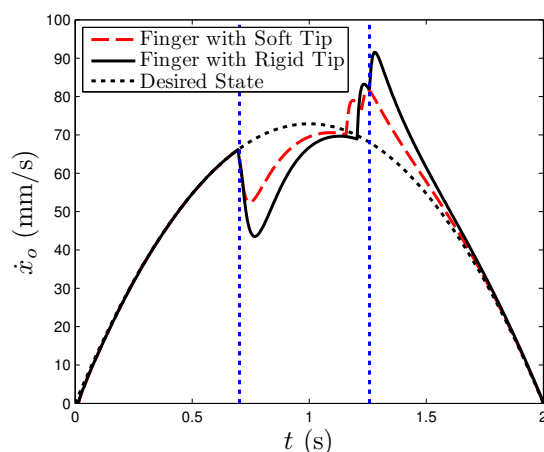
مطالب اصلی



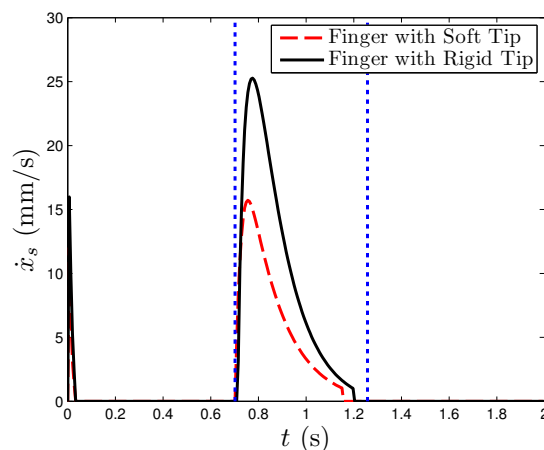
- (۱) برداشت-استفاده:

(۲) برداشت-ذخیره-استفاده:

,,



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیر نویس شکل دوم

شکل ۲-۲- قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم

کاربرد دارد. روش‌های زیادی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از جمله سلول‌های خورشیدی وجود دارد. در این حالت چگونگی ذخیره‌ی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود.

۱-۲-۲ زیربخش اول

نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته
نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته
نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته در جدول ۲-۱۵،
نمونه‌ای از یک جدول وارد شده در لاتک و در جدول ۲-۱۶، نمونه‌ای از یک جدول نوشته شده در لاتک

آورده شده است.

جدول ۱-۲ - پارامترهای شبیه سازی

ضریب اصطکاک		انتهای نرم		اینرسی (Kgm ²)		جرم (Kg)		طول (m)	
μ_{01}	0.10	c	6.74e-3	I_{c1}	$m_1 l_1^2 / 12$	m_1	0.2	l_1	0.20
μ_{02}	0.14	γ	0.0495	I_{c2}	$m_2 l_2^2 / 12$	m_2	0.2	l_2	0.20
		C_{eq}	300 (Ns/m)			m_o	0.1	l_{c1}	0.10
		α	0.20					l_{c2}	0.10
		τ_0	0.024					R	0.02
								w	0.02

جدول ۲-۲ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	۳۵/۴ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	۲۴/۸ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	۴ mJ/cm ³	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (1-2)$$

است. در رابطه ۲-۶۴، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (2-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (3-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۱-۲. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (۴-۲)$$

/ثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۵-۲)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

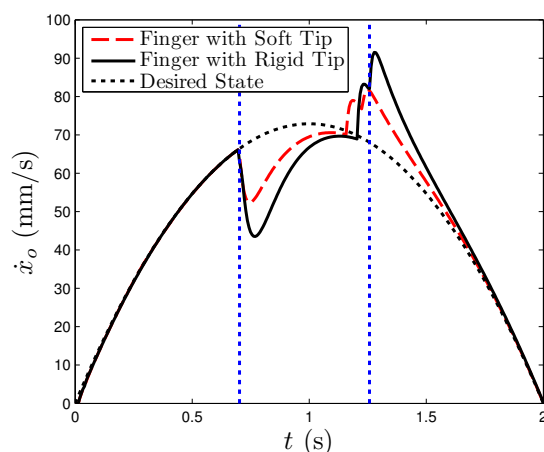
$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۶-۲)$$

بنابراین

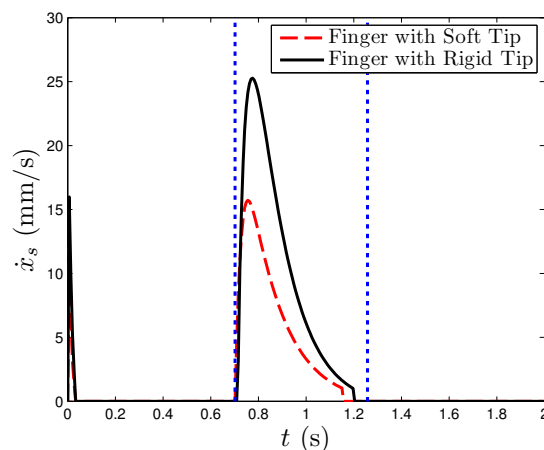
$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۷-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۱-۲. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیرنویس شکل دوم

شکل ۲-۴ - قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم

- مورد اول

- مورد دوم

- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی

جدول ۲-۴ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	$35/4 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	$24/8 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	4 mJ/cm^3	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (10-2)$$

است. در رابطه ۲-۶۴، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (11-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (12-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۲-۲. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (13-2)$$

/ثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (14-2)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۱۵-۲)$$

بنابراین

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۱۶-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

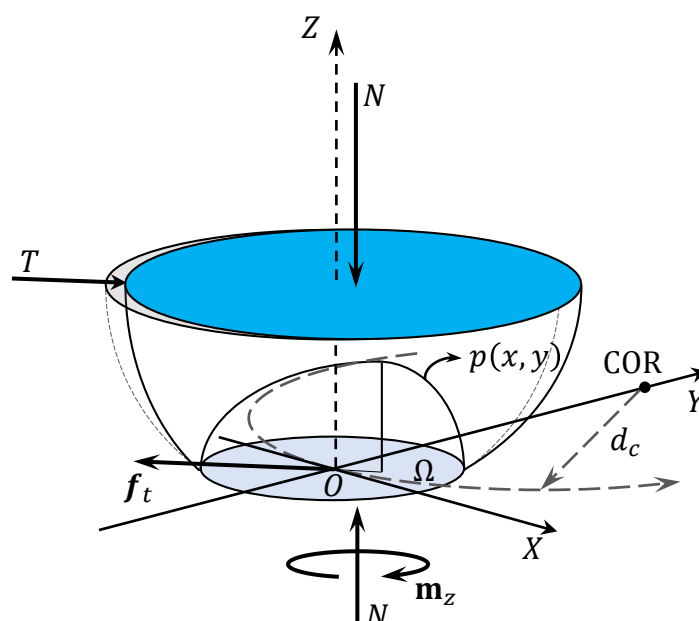
تبصره ۲-۲. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گذردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۱۷-۲)$$

و با استفاده از رابطه ۷۱-۲ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۱۸-۲)$$

[۴،۳]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۲-۱۵، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.



شکل ۲-۵ - شکل نمونه

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.

آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

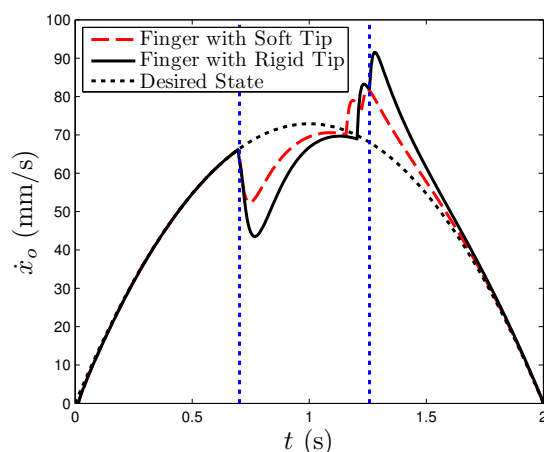
دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

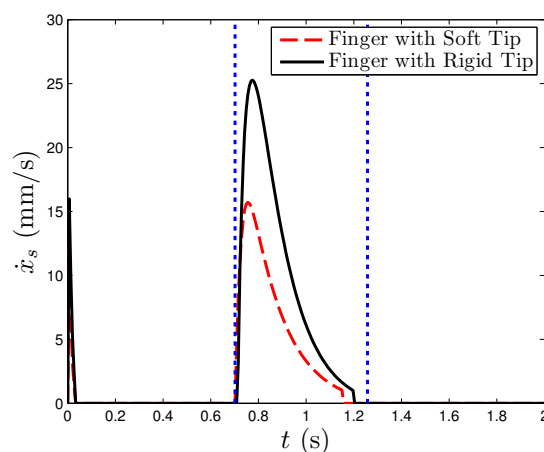
در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیرنویس شکل دوم

شکل ۲-۶ - قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، (الف) شکل نمونه اول، (ب) شکل نمونه دوم

کفش دونده‌ای مواد پیزوالکتریک کار گذاشته می‌شود و با فشار پا بر روی کفش و فشرده شدن پیزوالکتریک داخل کفش، انرژی الکتریکی برای ارسال سیگنال RF و در نتیجه ردیابی دونده تامین می‌شود.

(۲) برداشت-ذخیره-استفاده:

در این روش سیستم برای ذخیره‌ی انرژی برداشت‌شده به باتری مجهز شده است. این روش برای زمانی‌که انرژی زیادی در محیط وجود داشته باشد و برای منابعی مانند انرژی خورشیدی کاربرد دارد. روش‌های زیادی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از جمله سلول‌های خورشیدی وجود دارد. در این حالت چگونگی ذخیره‌ی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود.

است. در رابطه ۶۴-۲، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (۲۰-۲)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (۲۱-۲)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۲-۳. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) \geq C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i)\right). \quad (۲۲-۲)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s(i)\right), C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s(i)\right) \right\}. \quad (۲۳-۲)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) < C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i+1)\right), \quad (۲۴-۲)$$

بنابراین

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) = C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right). \quad (۲۵-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۲-۳. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گزردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۲۶-۲)$$

و با استفاده از رابطه ۷۱-۲ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۲۷-۲)$$

بنابراین می‌توان با انتخاب کمترین توان و نرخ برای رله از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی جلوگیری کرد. فرض بزرگ بودن ظرفیت باتری به این دلیل است که اگر ظرفیت باتری محدود باشد برای کاهش $P_r^*(i)$ با محدودیت مواجه هستیم. چون در صورت کاهش بی‌حد توان رله ممکن است از ناحیه‌ی شدنی مسئله خارج شویم. به هر حال برای هر دو حالت ظرفیت نامحدود و محدود باتری جواب مسئله یکتا نیست و همواره می‌توان با کاهش توان رله مصرف انرژی را کاهش داد.

۷-۲ پیش‌گفتار

در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در

این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود.

۸-۲ بخش اول

نمونه‌ای از یک عبارت انگلیسی در متن به صورت English Sentence است. نمونه‌ای از یک عبارت ریاضی در متن نیز به صورت $x^2 + y^2$ است. ارجاع به مراجع انگلیسی [۱، ۲]. ارجاع به مراجع فارسی [۳، ۴]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۲-۱۵، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.

آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

- مورد اول

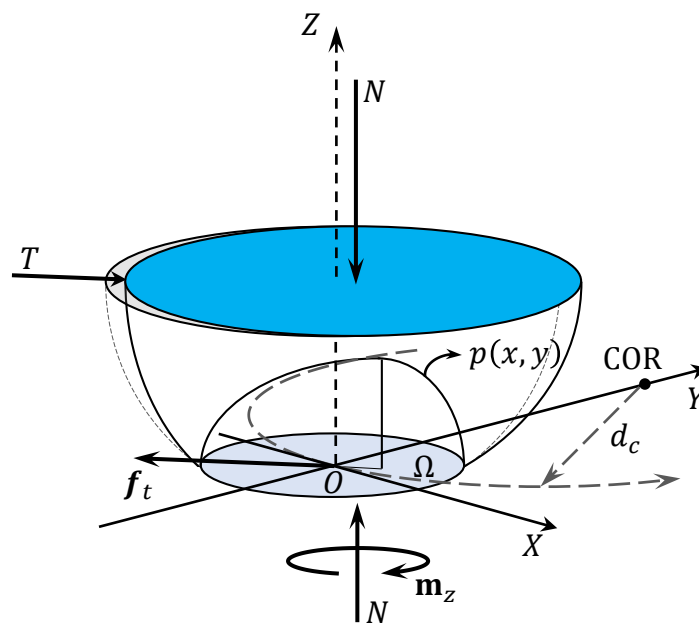
- مورد دوم

- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



شکل ۲-۷ - شکل نمونه

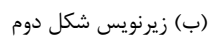
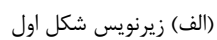
دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی کفش دونده‌ای مواد پیزوالکتریک کار گذاشته می‌شود و با فشار پا بر روی کفش و فشردن پیزوالکتریک داخل کفش، انرژی الکتریکی برای ارسال سیگنال RF و در نتیجه ردیابی دونده تامین می‌شود.

(۲) برداشت-ذخیره-استفاده:

در این روش سیستم برای ذخیره‌ی انرژی برداشت‌شده به باتری مجهز شده است. این روش برای زمانی که انرژی زیادی در محیط وجود داشته باشد و برای منابعی مانند انرژی خورشیدی کاربرد دارد. روش‌های زیادی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از جمله سلول‌های خورشیدی وجود دارد. در این حالت چگونگی ذخیره‌ی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود.



جدول ۷-۲ - پارامترهای شبیه سازی

ضریب اصطکاک		انتهای نرم		اینرسی (Kgm ²)		جرم (Kg)		طول (m)	
μ_{01}	0.10	c	6.74e-3	I_{c1}	$m_1 l_1^2 / 12$	m_1	0.2	l_1	0.20
μ_{02}	0.14	γ	0.0495	I_{c2}	$m_2 l_2^2 / 12$	m_2	0.2	l_2	0.20
		C_{eq}	300 (Ns/m)			m_o	0.1	l_{c1}	0.10
		α	0.20					l_{c2}	0.10
		τ_0	0.024					R	0.02
								w	0.02

جدول ۸-۲ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	۳۵/۴ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	۲۴/۸ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	۴ mJ/cm ³	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (28-2)$$

است. در رابطه ۶۴-۲، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (29-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (30-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۲-۴. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) \geq C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i)\right). \quad (۳۱-۲)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s(i)\right), C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s(i)\right) \right\}. \quad (۳۲-۲)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۲-۶۷ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) < C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i+1)\right), \quad (۳۳-۲)$$

بنابراین

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) = C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right). \quad (۳۴-۲)$$

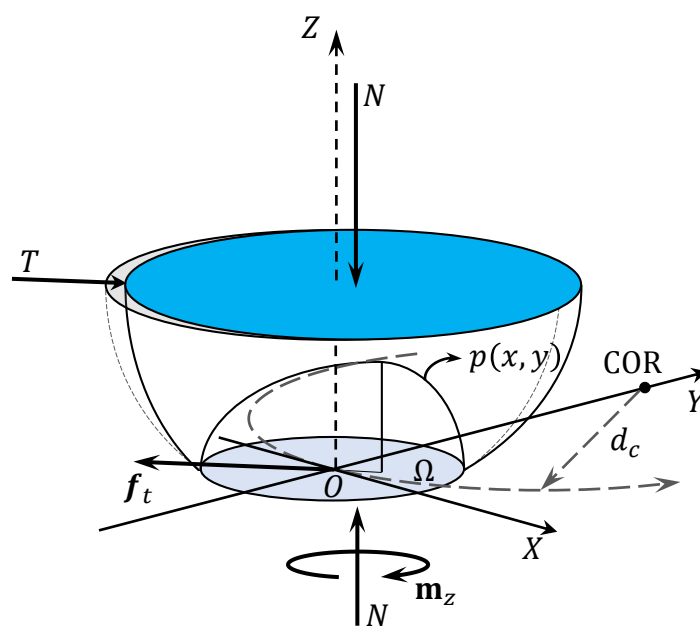
پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۲-۶۹ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۲-۶۹ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۲-۴. از قضیه‌ی ۲-۸ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله

تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود.

۱۰-۲ بخش اول

نمونه‌ای از یک عبارت انگلیسی در متن به صورت English Sentence است. نمونه‌ای از یک عبارت ریاضی در متن نیز به صورت $x^2 + y^2$ است. ارجاع به مراجع انگلیسی [۱، ۲]. ارجاع به مراجع فارسی [۳، ۴]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۲-۱۵، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.



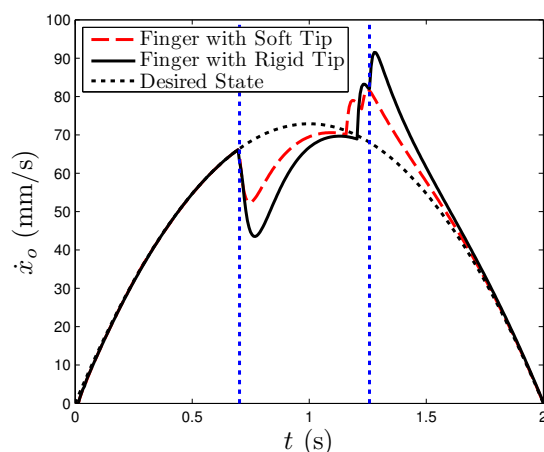
شکل ۲-۹ - شکل نمونه

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.

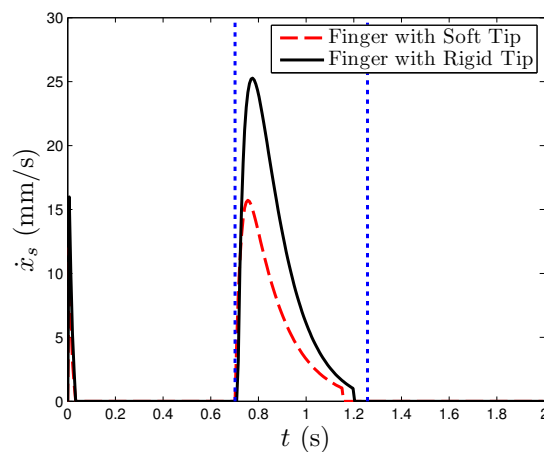
آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیرنویس شکل دوم

شکل ۱۰-۲ - قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، الف) شکل نمونه اول، ب) شکل نمونه دوم

- مورد اول

- مورد دوم

- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی

جدول ۲-۱۰ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	$35/4 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	$24/8 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	4 mJ/cm^3	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (37-2)$$

است. در رابطه ۲-۶۴، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (38-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (39-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۲-۵. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (40-2)$$

/ثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (41-2)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۴۲-۲)$$

بنابراین

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۴۳-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۲-۵. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گذردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۴۴-۲)$$

و با استفاده از رابطه ۷۱-۲ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۴۵-۲)$$

بنابراین می‌توان با انتخاب کمترین توان و نرخ برای رله از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی جلوگیری کرد. فرض بزرگ بودن ظرفیت باتری به این دلیل است که اگر ظرفیت باتری محدود باشد برای کاهش $P_r^*(i)$ با محدودیت مواجه هستیم. چون در صورت کاهش بی از حد توان رله ممکن است از ناحیه‌ی شدنی مسئله خارج شویم. به هر حال برای هر دو حالت ظرفیت نامحدود و محدود باتری جواب مسئله یکتا نیست و همواره می‌توان با کاهش توان رله مصرف انرژی را کاهش داد.

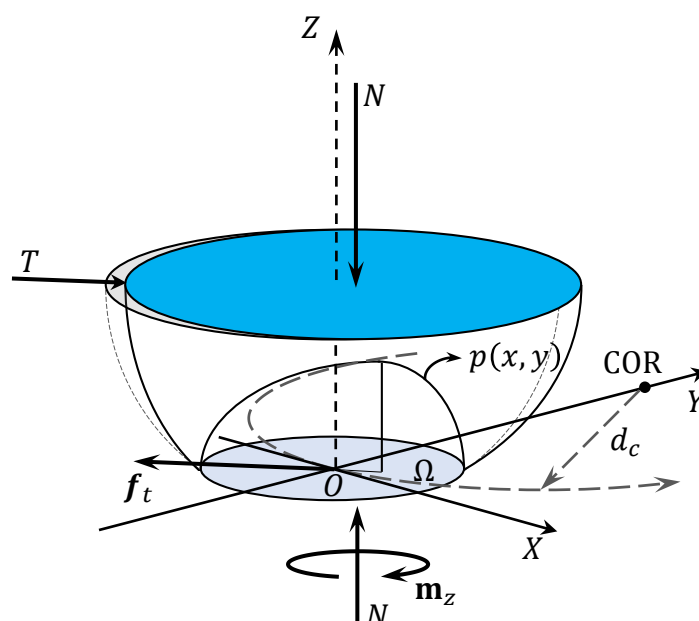
۱۱-۲ پیش‌گفتار

در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود.

۱۲-۲ بخش اول

نمونه‌ای از یک عبارت انگلیسی در متن به صورت English Sentence است. نمونه‌ای از یک عبارت ریاضی در متن نیز به صورت $x^2 + y^2$ است. ارجاع به مراجع انگلیسی [۱، ۲]. ارجاع به مراجع فارسی

[۴،۳]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۲-۱۵، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.



شکل ۲-۱۱ - شکل نمونه

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.

آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

- مورد اول
- مورد دوم
- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

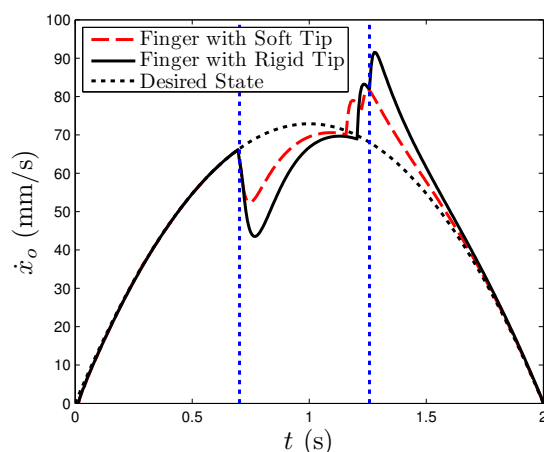
دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

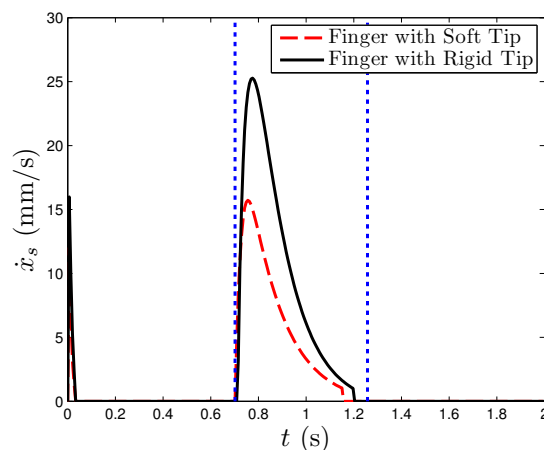
در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیرنویس شکل دوم

شکل ۲-۱۲ - قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، (الف) شکل نمونه اول، (ب) شکل نمونه دوم

کفش دونده‌ای مواد پیزوالکتریک کار گذاشته می‌شود و با فشار پا بر روی کفش و فشرده شدن پیزوالکتریک داخل کفش، انرژی الکتریکی برای ارسال سیگنال RF و در نتیجه ردیابی دونده تامین می‌شود.

(۲) برداشت-ذخیره-استفاده:

در این روش سیستم برای ذخیره‌ی انرژی برداشت‌شده به باتری مجهز شده است. این روش برای زمانی‌که انرژی زیادی در محیط وجود داشته باشد و برای منابعی مانند انرژی خورشیدی کاربرد دارد. روش‌های زیادی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از جمله سلول‌های خورشیدی وجود دارد. در این حالت چگونگی ذخیره‌ی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود.

است. در رابطه ۶۴-۲، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (۴۷-۲)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (۴۸-۲)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۶-۲. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (۴۹-۲)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۵۰-۲)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۵۱-۲)$$

بنابراین

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۵۲-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۶-۲. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گزردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۵۳-۲)$$

و با استفاده از رابطه ۷۱-۲ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۵۴-۲)$$

بنابراین می‌توان با انتخاب کمترین توان و نرخ برای رله از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی جلوگیری کرد. فرض بزرگ بودن ظرفیت باتری به این دلیل است که اگر ظرفیت باتری محدود باشد برای کاهش $P_r^*(i)$ با محدودیت مواجه هستیم. چون در صورت کاهش بی از حد توان رله ممکن است از ناحیه‌ی شدنی مسئله خارج شویم. به هر حال برای هر دو حالت ظرفیت نامحدود و محدود باتری جواب مسئله یکتا نیست و همواره می‌توان با کاهش توان رله مصرف انرژی را کاهش داد.

۱۳-۲ پیش‌گفتار

در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در

این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود.

۱۴-۲ بخش اول

نمونه‌ای از یک عبارت انگلیسی در متن به صورت English Sentence است. نمونه‌ای از یک عبارت ریاضی در متن نیز به صورت $x^2 + y^2$ است. ارجاع به مراجع انگلیسی [۱، ۲]. ارجاع به مراجع فارسی [۳، ۴]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۱۵-۲، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۱۶-۲ آورده شده است.

آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

- مورد اول

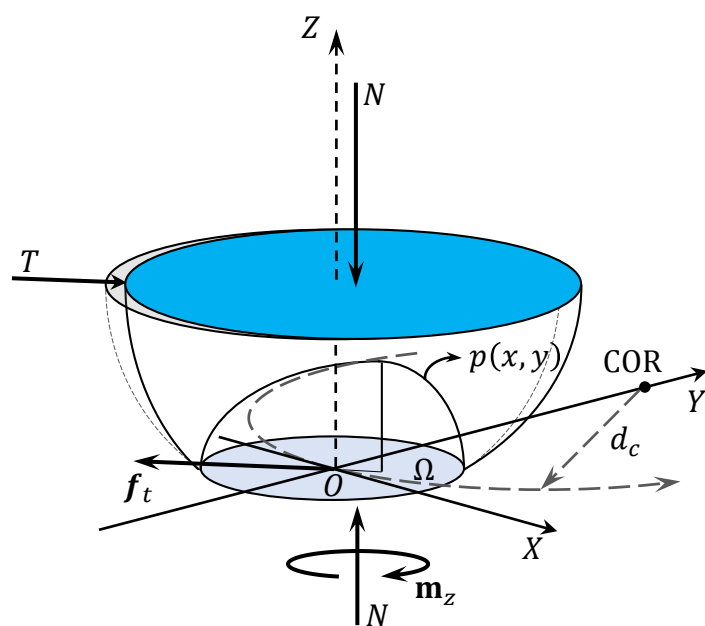
- مورد دوم

- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



شکل ۲-۱۳ - شکل نمونه

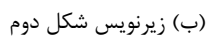
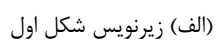
دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی کفش دونده‌ای مواد پیزوالکتریک کار گذاشته می‌شود و با فشار پا بر روی کفش و فشردن پیزوالکتریک داخل کفش، انرژی الکتریکی برای ارسال سیگنال RF و در نتیجه ردیابی دونده تامین می‌شود.

(۲) برداشت-ذخیره-استفاده:

در این روش سیستم برای ذخیره‌ی انرژی برداشت‌شده به باتری مجهز شده است. این روش برای زمانی که انرژی زیادی در محیط وجود داشته باشد و برای منابعی مانند انرژی خورشیدی کاربرد دارد. روش‌های زیادی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از جمله سلول‌های خورشیدی وجود دارد. در این حالت چگونگی ذخیره‌ی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مطرح می‌شود.



جدول ۲-۱۳ - پارامترهای شبیه‌سازی

ضریب اصطکاک		انتهای نرم		اینرسی (Kg ^m ²)		جرم (Kg)		طول (m)	
μ_{01}	0.10	c	6.74e-3	I_{c1}	$m_1 l_1^2 / 12$	m_1	0.2	l_1	0.20
μ_{02}	0.14	γ	0.0495	I_{c2}	$m_2 l_2^2 / 12$	m_2	0.2	l_2	0.20
		C_{eq}	300 (Ns/m)			m_o	0.1	l_{c1}	0.10
		α	0.20					l_{c2}	0.10
		τ_0	0.024					R	0.02
								w	0.02

جدول ۲-۱۴ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	۳۵/۴ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	۲۴/۸ mJ/cm ³	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	۴ mJ/cm ³	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (55-2)$$

است. در رابطه ۲-۶۴، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (56-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (57-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۷-۲. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_r^*(i)$ و $P_s^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) \geq C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i)\right). \quad (58-2)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s(i)\right), C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s(i)\right) \right\}. \quad (59-2)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) < C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{rd}(i+1)\right|^2 P_r^*(i+1)\right), \quad (60-2)$$

بنابراین

$$C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) + C\left(\left|h_{sd}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right) = C\left(\left|h_{sr}(i)\right|^2 P_s^*(i)\right). \quad (61-2)$$

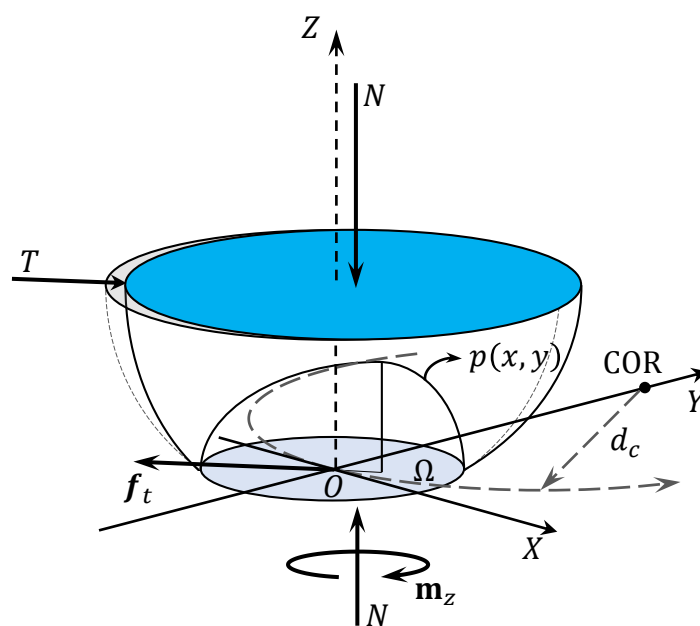
پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۷-۲. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله

تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود. در این قالب سعی شده است که از تمامی بخش‌های موجود در پایان‌نامه‌ها نمونه‌ای آورده شود.

۱۶-۲ بخش اول

نمونه‌ای از یک عبارت انگلیسی در متن به صورت English Sentence است. نمونه‌ای از یک عبارت ریاضی در متن نیز به صورت $x^2 + y^2$ است. ارجاع به مراجع انگلیسی [۱، ۲]. ارجاع به مراجع فارسی [۳، ۴]. این نمونه‌ای از یک زیرنویس انگلیسی^۱ است. این نمونه‌ای از یک زیرنویس فارسی^۲ است. در شکل ۲-۱۵، نمونه‌ای از یک شکل آورده شده است.



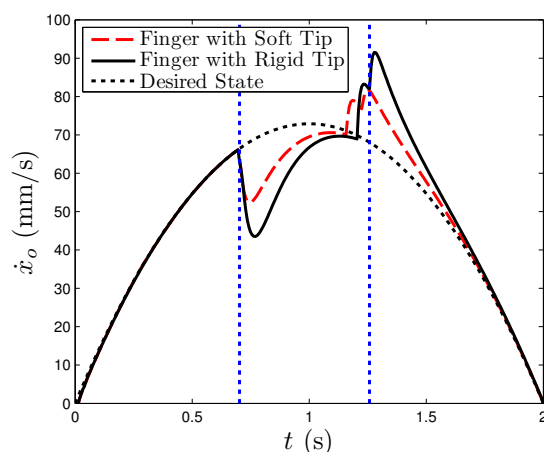
شکل ۲-۱۵ - شکل نمونه

نمونه‌ای از قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.

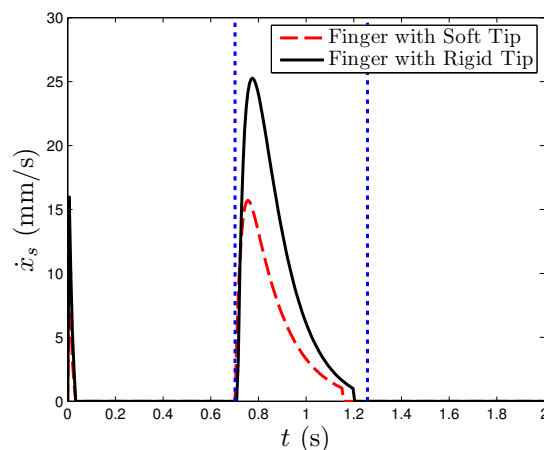
آیتم‌های مختلف به صورت زیر آورده می‌شود:

^۱English Footnote

^۲زیرنویس فارسی



(الف) زیرنویس شکل اول



(ب) زیرنویس شکل دوم

شکل ۲-۱۶ - قرار دادن دو شکل در کنار یکدیگر، (الف) شکل نمونه اول، (ب) شکل نمونه دوم

- مورد اول

- مورد دوم

- مورد سوم

نمونه‌ای از آیتم‌های شماره‌دار نیز در ادامه آورده شده است. به طور کلی معماری برداشت انرژی به

دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود:

(۱) برداشت-استفاده:

در این حالت سیستم بلافاصله انرژی برداشت‌شده را مصرف می‌کند. واضح است اگر انرژی کافی در محیط وجود نداشته باشد دستگاه از کار می‌افتد. این نوع سیستم‌ها بیشتر در فشار دادن کلیدها، پدال‌ها و دستگاه‌های ردیابی برای انسان‌ها استفاده می‌شود. به طور مثال در پاشنه‌ی

جدول ۲-۱۶ - مقایسه‌ی روش‌های برداشت انرژی مبتنی بر لرزش‌های مکانیکی

روش	چگالی انرژی	ابعاد	عیب اصلی
پیزوالکتریک	$35/4 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی کم
الکترومغناطیس	$24/8 \text{ mJ/cm}^3$	بزرگ	ولتاژ خروجی بسیار کم
الکترواستاتیک	4 mJ/cm^3	فشرده در تراشه‌ها	نیاز به منبع شارژ اولیه

نمونه‌ای از یک رابطه به صورت

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (64-2)$$

است. در رابطه ۲-۶۴، N نیروی عمودی است. نمونه‌ای از استفاده از روابط متوالی به صورت

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_s(i) - T \sum_{i=1}^k P_s(i) \leq B_s^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (65-2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} E_r(i) - T \sum_{i=1}^k P_r(i) \leq B_r^{max}, \quad k = 1, \dots, N-1, \quad (66-2)$$

است. نمونه‌ای از یک قضیه و تبصره نیز در ادامه آورده شده است.

قضیه ۲-۸. اگر ظرفیت باتری‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، جواب بهینه‌ی $P_s^*(i)$ و $P_r^*(i)$ وجود دارد به نحوی که تابع هدف را بیشینه می‌کند و در رابطه‌ی زیر صدق می‌کند:

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i) \right). \quad (67-2)$$

اثبات. بار دیگر فرم تابع هدف را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است اینجا تابع هدف یک تابع دومتغیره است.

$$R(\mathbf{P}_s, \mathbf{P}_r) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \min \left\{ C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right), C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (68-2)$$

حال بلوک i ام را در نظر می‌گیریم. اگر رابطه‌ی ۶۷-۲ برای i برقرار نباشد، به عبارت دیگر اگر داشته باشیم،

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) < C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i+1) \right|^2 P_r^*(i+1) \right), \quad (۶۹-۲)$$

بنابراین

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) = C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right). \quad (۷۰-۲)$$

پس در تابع هدف مسئله، مقدار بهینه‌ی مسئله برابر عبارت سمت چپ رابطه‌ی ۶۹-۲ شده است و آرگومان دوم و همچنین مقدار $P_r^*(i)$ هیچ نقشی در مقدار بهینه ندارد. بنابراین می‌توانیم $P_r^*(i)$ را آنقدر کاهش دهیم تا در رابطه‌ی ۶۹-۲ تساوی برقرار شود بدون آنکه مقدار بهینه‌ی مسئله تغییر کند. ■

تبصره ۸-۲. از قضیه‌ی ۸-۲ نتیجه می‌گیریم که جواب بهینه‌ی مسئله‌ی P در حالت کلی یکتا نیست. به طور مثال وقتی مقدار انرژی برداشت‌شده در رله خیلی بیشتر از این انرژی در منبع باشد مسئله می‌تواند جواب‌های زیادی داشته باشد. بنابراین همواره می‌توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بدون کاهش مقدار نرخ گذردهی سیستم، کمترین مقدار توان را برای رله انتخاب کرد. بنابراین با توجه به رابطه

$$C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) \geq C \left(\left| h_{sd}(i) \right|^2 P_s^*(i) \right) + C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r^*(i) \right), \quad (۷۱-۲)$$

و با استفاده از رابطه ۷۱-۲ خواهیم داشت،

$$R_r(i) = \min \left\{ C \left(\left| h_{rd}(i) \right|^2 P_r(i) \right), C \left(\left| h_{sr}(i) \right|^2 P_s(i) \right) \right\}. \quad (۷۲-۲)$$

بنابراین می‌توان با انتخاب کمترین توان و نرخ برای رله از مصرف بی‌رویه‌ی انرژی جلوگیری کرد. فرض بزرگ بودن ظرفیت باتری به این دلیل است که اگر ظرفیت باتری محدود باشد برای کاهش $P_r^*(i)$ با محدودیت مواجه هستیم. چون در صورت کاهش بی از حد توان رله ممکن است از ناحیه‌ی شدنی مسئله خارج شویم. به هر حال برای هر دو حالت ظرفیت نامحدود و محدود باتری جواب مسئله یکتا نیست و همواره می‌توان با کاهش توان رله مصرف انرژی را کاهش داد.

فصل سوم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۳-۱ نتیجه گیری

[illegible]

۲-۳ پیشنهادها

نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته

نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته نمونه نوشته

[illegible]

منابع

- [1] Fakhari, A., Keshmiri, M., and Kao, I., "Development of realistic pressure distribution and friction limit surface for soft-finger contact interface of robotic hands", *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, pp. 1–12, 2015.
- [2] Lewis, F., Dawson, D., and Abdallah, C. *Robot Manipulator Control: Theory and Practice*. Automation and Control Engineering, CRC Press, 2003.
- [۳] فخاری، ا و کشمیری، م، "مدل سازی دینامیکی لغزش در گرفتن و جابجایی اجسام توسط انگشتان نرم"، مهندسی مکانیک مدرس، جلد ۱۵، شماره ۸، صص ۳۳۲-۳۴۰، ۱۳۹۴.
- [۴] هادیان جزی، ش. دینامیک و کنترل فرآیند گرفتن و تعقیب مسیر یک جسم توسط بازوهای همکار صفحه‌ای در حضور نامعینی. دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، رساله دکتری، ۲۰۰۸.

پیوست‌ها

پ-۱ جزئیات معادلہا

[illegible]

$$p(r) = C_k \frac{N}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^k \right]^{\frac{1}{k}} \quad (15)$$

است.

پ-۲ اثبات روابط ریاضی

[illegible]

شکل پ-۱ - تصویر مفہومی

[illegible]

Thesis English Title

Abstract

[illegible]

Keywords:

1- First Keyword, 2- Second Keyword, 3- Third Keyword, 4- Fourth Keyword, 5- Fifth Keyword



Shahid Beheshti University
Faculty of Computer Science and Engineering

Thesis English Title

By:

Student First and Last Name

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE

Supervisor:

Dr. Supervisor First and Last Name

Advisor:

Dr. First Advisor, Assoc. Prof.

December 2022