

سیستم مولد برق از وزن خودروها توسط سرعت گیر خیابان

دانیال خشابی^۱ ، مسعود آموزگار^۲

۲۰۱- دبیرستان شهید بهشتی مراغه (سمپاد)

تاریخ اجرای طرح: ۸۷-۱۳۸۴

{d.khashabi,masood.amoozgar}@gmail.com

مقدمه

امروزه بحران انرژی یکی از دغدغه های اصلی بشریت و جوامع انسانی به شمار می رود و پیش بینی می شود در آینده نیز مسئله انرژی پاک از اهداف اصلی تکنولوژی و علوم پیشرفته باشد. از این روی استفاده از روش های بدیع و مقرون به صرفه بیش از پیش اهمیت خود را نمایان می سازد. آنچه در این میان باعث برجستگی برخی از طرح های پیشنهادی می شود، استفاده بهینه از علوم جدید مهندسی و الگوبرداری مناسب از پدیده های طبیعی است که در این پروژه به آن توجه بسیار شده است.

ایده ی پروژه

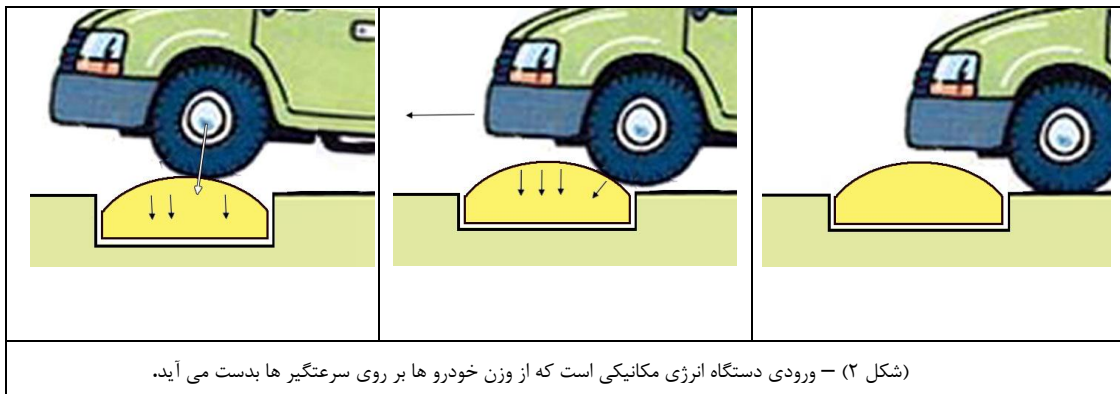
در این پروژه ایده ای جدید بر مبنای تولید انرژی برق از منبعی مکانیکی و استفاده از حرکت خودروها در خیابان و جاده ها مد نظر قرار گرفته شده است که به دنبال آن اقدام به بررسی حرکت اتومبیل ها در خیابان ها نموده و بر اساس نتایج حاصل ، از یکی از ویژگی های مکانیکی خودروها برای پیشبرد پروژه استفاده شده است. در این میان حرکت خاص اتومبیل ها از روی سرعت گیر خیابان ها راهکاری جدید برای سرمایه گذاری اندیشه پیش روی قرار داد که این مسئله می توانست در قالب های گوناگونی برای تحلیل پدیدار شود. برای مثال "سرعت خودروها" ، "حرکت چرخها" ، "وزن خودروها" و ... بر اساس برخی ویژگی های پروژه ترجیح داده شد که کار روی "وزن خودروها" آغاز شود .



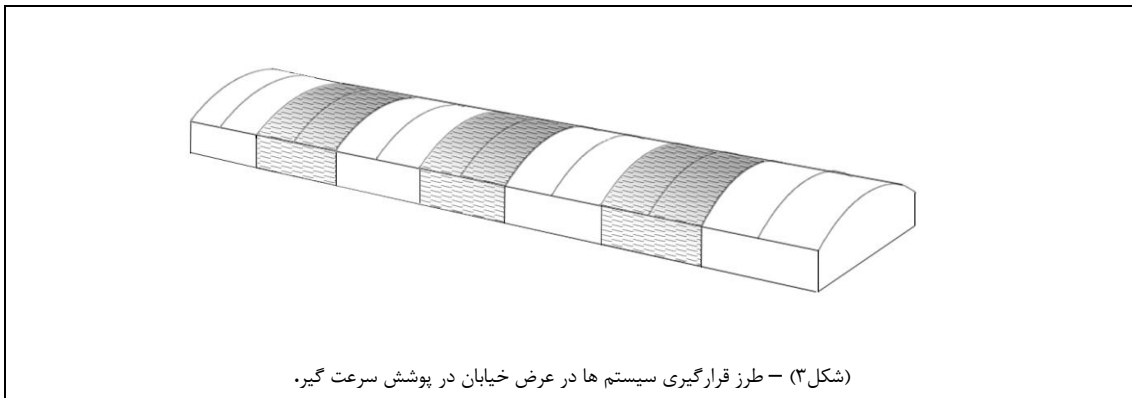
(شکل ۱) - سرعت گیر خیابان

پیشرفت طرح :

طبق ایده و تئوری پروژه ، باید در نهایت سیستمی طراحی شود تا با ورودی وزن خودرو ها بر روی سرعت گیر ها و با انجام پروسه تبدیل انرژی مکانیکی به برق ، خروجی مطلوب بدست می آید . چون ورودی از سرعت گیر خیابان ها ست، پس باید اندازه و شکل سیستم نیز به همان شکل باشد تا بازده بیشینه از سیستم بدست آید.



(شکل ۲) - ورودی دستگاه انرژی مکانیکی است که از وزن خودرو ها بر روی سرعتگیر ها بدست می آید.

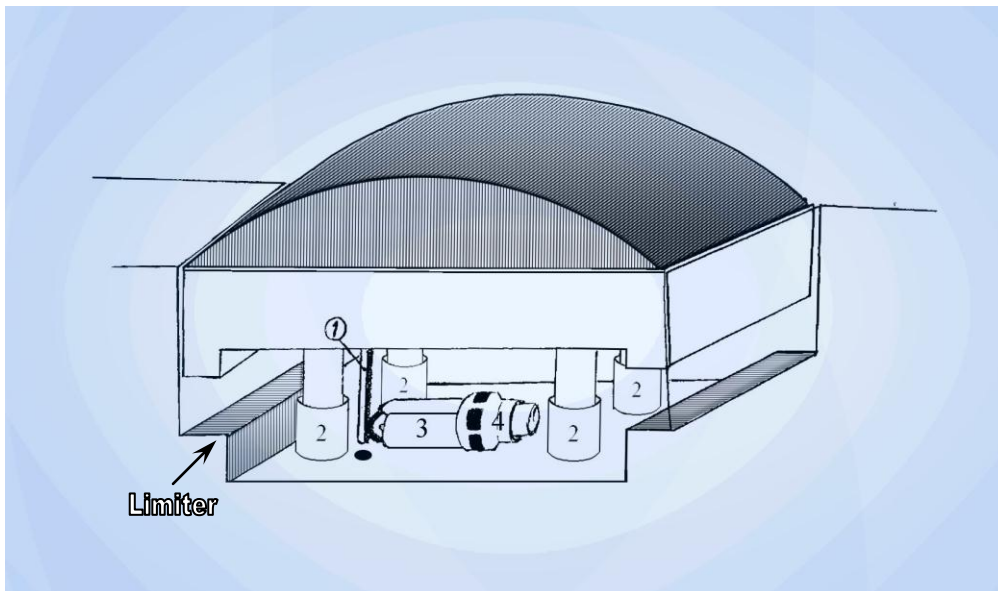


(شکل ۳) - طرز قرارگیری سیستم ها در عرض خیابان در پوشش سرعت گیر.

قسمت درونی سیستم که خود دقیقاً در زیر جداره ی خارجی آن قرار دارد، از چند قسمت اصلی تشکیل

شده است :

۱. میله دنده ای انتقال دهنده ی نیروی وزن که به جداره ی خارجی متصل شده است.
۲. فنر های زیر جداره ی خارجی که انرژی ایجاد شده را ذخیره می کنند.¹
۳. دستگاه جعبه دنده²
۴. دستگاه مبدل حرکت به انرژی الکتریکی³
۵. سیستم ذخیره و خروج انرژی الکتریکی که بر حسب کاربرد های گوناگون متفاوت است.⁴



(شکل ۴) - نمای سه بعدی دستگاه تولید کننده ی برق از وزن اتومبیل ها.

¹ فنر بندی دستگاه شامل تعدادی فنر و همچنین سیستم دمپ پالسی *Viscose* نیز می باشد تا از استهلاک فنر ها و بقیه ی اجزای سیستم ، در برابر فشار وزن خودرو ها جلوگیری شود.

² Gear Box

³ Generator

⁴ در قسمت بعدی ، مراحل تولید انرژی برق و ساختار سیستم ذخیره ی انرژی الکتریکی بهینه برای این دستگاه به تفصیل تشریح شده است.

• مراحل تولید انرژی برق :

۱- ورود اتومبیل به روی سرعتگیر :

مرحله ی اول ورود اتومبیل ها به روی قسمت خارجی سرعت گیر است که در شکل ۲ قابل مشاهده است. طراحی این سیستم به گونه ای است که می تواند به عنوان سیستم سرعتگیر هوشمند^۱ نیز عمل کند. برای اینکه نیروی وزن خودرو ها توسط جداره ی خارجی به قسمت داخلی انتقال یابد ، باید خودرو ، طی مدت زمان خاصی از روی جداره ی خارجی سیستم بگذرد. بدیهی است که فشردگی فنر ها نیازمند گذشت حداقل زمان (Δt) میباشد و اگر این مدت زمان Δt از محدوده ی خاصی کمتر باشد، تغییر طول فنر ها بسیار کم بوده و مانند سرعتگیر معمولی عمل می کند. اما اگر خودرو با سرعت کمتری از روی سیستم بگذرد، یعنی اینکه محدوده ی زمانی عبور خودرو از روی سرعتگیر کافی باشد، وزن خودرو باعث کاهش ارتفاع جداره ی خارجی شده و ضربه ی وارد بر خودرو و سرنشینان آن نیز کاهش می یابد. اگر این سیستم از بعد مکانیکی بررسی شود، ساختار آن بگونه ای است که در لحظه ی گذر خودرو از روی آن، نیروی ذخیره ی شده در فنر ها (در حالت برگشت جداره ی خارجی) توسط چرخ دنده کنترل می شود و جداره ی خارجی به آرامی به حالت اولیه بر می گردد. این سرعت بازگشت به گونه ای است که جداره ی خارجی تا انجام حرکت بعدی ، در حالت اولیه باشد.

۲- فشرده شدن فنر ها:

در حین قرار گرفتن اتومبیل بر روی دستگاه ، فنر ها به شدت فشرده می شوند. قسمت خارجی توسط یک میله ی دنده ای با بخش جعبه دنده در ارتباط است . که این قسمت طوری طراحی شده است که موقع پایین آمدن میله ی دنده ای ، با بخش جعبه دنده درگیر نمی شود . این ویژگی به این دلیل است که سنگینی بعضی خودرو ها نظیر اتوبوس و القای یکبارہ ی انرژی ، باعث ازهم گسیختگی^۲ دستگاه نشود . بنابراین ، ابتدا انرژی در فنر ها ذخیره می شود ، سپس در حالت برگشت فنر ها به حالت قبلی ، انرژی فنر ها به جعبه دنده ی دستگاه منتقل می شود .

همچنین در بدنه ی داخلی سیستم دو سکوی مخصوص در طرفین به عنوان محدود کننده^۳ ی بازه ی حرکت فنر ها ، تعبیه شده است. (شکل ۴) این سکو ها ، مانع از فشردگی بیش از حد فنرها، در برابر فشار های بسیار زیاد شده و باعث کاهش استهلاک^۴ فنرها و سیستم می شود.

¹ Intelligent Speed Failure
² Collapse
³ Limiter
⁴ Aging

در حالت اول ، ورود خودرو به روی دستگاه تا لحظه ی فشردگی کامل فنر ها، میله ی دنده ای، با بخش جعبه دنده درگیر نمی شود. بنابراین بجز نیروی وزن اتومبیل و نیروی فنر ها به روی صفحه خارجی دستگاه، نیروی سومی وجود ندارد . همچنین در این دستگاه با توجه به محدود بودن محدوده ی فشردگی فنر ها ، تغییر طول فنر ها (x) ، مقادیر ثابت. بنابراین :

$$F' = mg \quad , \quad F = -k'x'$$

$$F = -F'$$

$$(k' \leq \frac{mg}{x}) \quad , \quad mg = k'x'$$

(که در آن x' میزان فشردگی فنرها در حالت آزاد و k' ثابت معادل فنر هاست که مقادیر ثابت و مشخص.) چون در هر واحد دستگاه چهار فنر بطور موازی قرار گرفته بنابراین اگر ثابت فشردگی هر کدام k در نظر گرفته شود ، آنگاه:

$$k' = 4k$$

$$\Rightarrow F = -4kx$$

رابطه ی انرژی ذخیره شده در فنر ها بدین گونه است :

$$U = \frac{1}{2}k'x'^2$$

$$\Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 4kx^2$$

$$\Rightarrow U = 2kx^2 \quad (x, k \text{ هر دو مقدار ثابت})$$

حال انرژی وزن اتومبیل در فنرها ذخیره شده است.

۳- گذر کامل اتومبیل از روی سرعتگیر ، برگشت فنر و انتقال انرژی آن به دستگاه جعبه دنده در هنگام بازگشت فنر به مکان اولیه ی خود:

با گذر کامل اتومبیل از روی دستگاه ، فنر ها همراه با اینکه آرام به جای خود باز می گردند ، توسط میله ای (فقط در حالت بازگشت به بالا) جعبه دنده سیستم را به حرکت در می آورند.¹

اگر جسمی که تحت محوری با سرعت زاویه ای ω در حال چرخش باشد دارای لختی دورانی (گشتاور اینرسی) I (که برای هر ماده ای در شرایطی ثابت، مقدار یست ثابت) داشته باشد ، دارای انرژی جنبشی خواهد بود که برابر است با:

$$E_C = \frac{1}{2} I \omega^2$$

بر اساس قانون پایستگی انرژی در حالت ایده آل برای سیستم می توان نوشت:

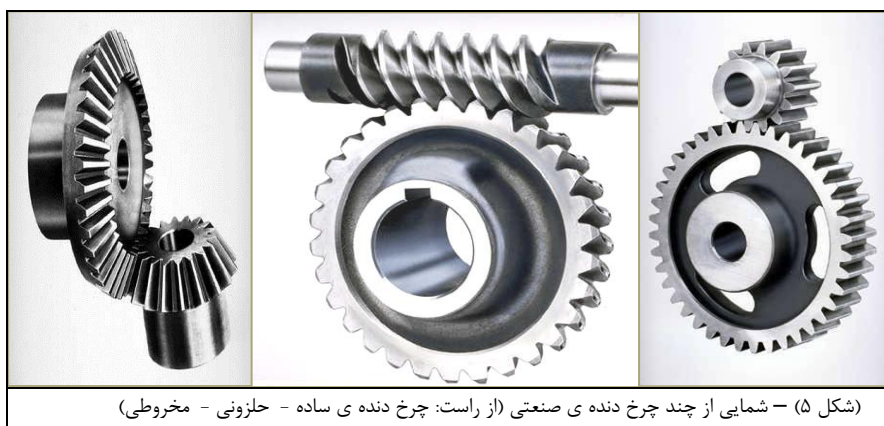
$$U = E_C \Rightarrow 2kx^2 = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\omega = 2x \sqrt{\frac{k}{I}}$$

۴- تبدیل گشتاور ایجاد شده به سرعت زاویه ای بهینه ، برای ورودی ژنراتور ، توسط جعبه دنده ی سیستم : کار دستگاه جعبه دنده بدین صورت است که گشتاور ایجاد شده توسط فنرها (با سرعت زاویه ای کم) را به گشتاور کمتر و سرعت زاویه ای بیشتر و بهینه تر ، برای ورودی لازم ژنراتور تبدیل کند. برای این منظور جعبه دنده های متنوعی با اندازه ها و ساختار های متفاوت وجود دارد از جمله چرخ دنده هایی از نوع چرخ دنده ی ساده ، چرخ دنده ی مار پیچی² ، چرخ دنده ی حلزونی³ و ... که هر کدام برای کاربرد های گوناگونی طراحی شده اند. ولی آنچه که از نتایج پژوهش های انجام شده پیداست، باید به نوع مهندسی سیستم و بازده اقتصادی آن نیز در انتخاب نوع چرخ دنده توجه بسیار کرد در نهایت آنچه در این میان انتخاب می شود ، از لحاظ تناسب ورودی و خروجی (با توجه به سختی فنر ها برای به حرکت در آوردن چرخ دنده با سرعت بهینه) و حجم بهینه ترین حالت را داشته باشد.

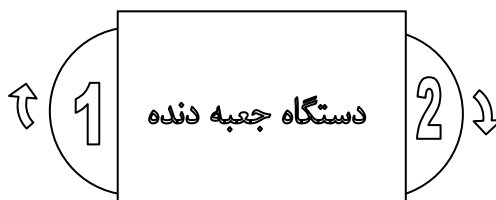
¹ همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود، طرز قرار گیری میله ی دنده ای و جعبه دنده ی سیستم به شکل *Rack & Pinion* می باشد که شامل یک دنده ی شانه ای و پینیون می باشد.

² *Helical Gear*
³ *Worm Gear*



اگر فرض کنیم که دستگاه جعبه دنده (گیربکس) از نوع یک به N باشد ، می توان نشان داد که :

$$N\omega_1 = \omega_2$$



(شکل ۶) - نمایی شماتیک از نحوه ی عملکرد جعبه دنده.

بعد از عبور حرکت از دستگاه جعبه دنده (N به ۱) سرعت زاویه ای ω به مقدار دیگری به نام ω' تبدیل خواهد شد که برابر است با :

$$\omega' = N.\omega = 2N.x\sqrt{\frac{k}{I}}$$

۵- تولید انرژی برق

سرعت زاویه ای بدست آمده از خروجی جعبه دنده به ورودی ژنراتور داده می شود. هر ژنراتور دارای ویژگی های فنی متعددی است. از جمله می توان به میزان تولید مولد اشاره کرد. آنچه که در این میان به ظرافت و مهندسی خاصی نیازمند است طراحی سیستم ذخیره ی انرژی است. بدیهی است که قسمت های دیگر دستگاه دارای بازده و راندمان ایده آل نبوده و مقاومت و استهلاک مکانیکی وجود دارد. بنابراین ضریب راندمان را نیز باید در محاسبات وارد کرد . اما آنچه که قابلیت اجرای پروژه را افزایش می دهد، بهینه سازی سیستم از ورود انرژی مکانیکی تا خروج انرژی الکتریکی است و سوال مهم اینکه آیا توان ایجاد شده توسط ژنراتور یا مولد سیستم برای کاربرد های پیشنهادی مناسب است یا خیر؟

در زیر ، نتایج آزمایش هایی روی یک دینام دوچرخه ، قابل مشاهده است :
در آزمایش زیر ، از یک دینام معمولی دوچرخه و گیربکس ۱ به ۳۰ آزمایشگاهی استفاده شده است ، که هر دو نسبت به نمونه های صنعتی خود ، از بازدهی کمتری برخوردارند.

شماره ی آزمایش	زمان	تعداد دور ورودی	ω ورودی	تعداد دور خروجی	تعداد دور خروجی	ω خروجی	خروجی دینام
		گیر بکس در ثانیه	گیربکس	خروجی	گیربکس در ثانیه	گیربکس (برای ورودی دینام)	
۱	8.5	1.254902	7.880784	320	37.64706	236.4235	۱۰ ولت
۲	9.04	1.179941	7.410029	320	35.39823	222.3009	۱۰ ولت
۳	8.43	1.265322	7.946224	320	37.95967	238.3867	۱۰ ولت
۴	8.55	1.247563	7.834698	320	37.4269	235.0409	۱۰ ولت
۵	8.84	1.206637	7.577677	320	36.1991	227.3303	۱۰ ولت
۶	8.55	1.247563	7.834698	320	37.4269	235.0409	۱۰ ولت
میانگین	8.651667	1.233655	7.747352	320	37.00964	232.4205	۱۰ ولت

(جدول ۱) - آمار و نتایج ورودی و خروجی روی دینام دوچرخه و گیربکس ۱ به ۳۰ برای خروجی ۱۰ ولت از دینام

شماره ی آزمایش	زمان	تعداد دور ورودی	ω ورودی	تعداد دور خروجی	تعداد دور خروجی	ω خروجی	خروجی دینام
		گیر بکس در ثانیه	گیربکس	خروجی	گیربکس در ثانیه	گیربکس (برای ورودی دینام)	
۱	13.86	0.769601	4.833093	320	23.08802	144.9928	۶ ولت
۲	15.37	0.693993	4.358274	320	20.81978	130.7482	۶ ولت
۳	16.4	0.650407	4.084553	320	19.5122	122.5366	۶ ولت
۴	16.1	0.662526	4.160663	320	19.87578	124.8199	۶ ولت
۵	15.94	0.669176	4.202426	320	20.07528	126.0728	۶ ولت
۶	16.07	0.663763	4.16843	320	19.91288	125.0529	۶ ولت
میانگین	15.62333	0.684911	4.30124	320	20.54732	129.0372	۶ ولت

(جدول ۲) - آمار و نتایج ورودی و خروجی روی دینام دوچرخه و گیربکس ۱ به ۳۰ برای خروجی ۶ ولت از دینام

با توجه به جدول های بالا و همانطور که قبلا نیز ذکر شد ، می توان استدلال کرد که در صورت استفاده از دینام های قدرتمند تر و گیر بکس های بهینه تر و افزایش راندمان سیستم ، تولید انرژی الکتریکی با ولتاژ بالاتر ، بطور کامل میسر می شود و بدیهی است که امکان تولید این سیستم در ابعاد کاربردی وجود دارد.

۶- ذخیره ی انرژی برق:

نتایج بدست آمده از مشاوره با متخصصان برق و الکتریک بیانگر این موضوع بود که می توان دوگونه سیستم مختلف برای ذخیره ی انرژی الکتریکی پیشنهاد کرد:

الف) از جمله رایج ترین عناصر برای ذخیره ی انرژی الکتریکی، باتری الکتریکی است. بدین شکل که انرژی ایجاد شده توسط ژنراتور مستقیماً به باتری انتقال یابد ، برای کاربرد های گوناگون مصرف شود. از جمله ی مشکلاتی که

اینگونه سیستم ذخیره دارد ، این است که احتمال ایجاد آمپراژ لازم توسط ژنراتور برای شارژ کامل باتری های شارژی متداول امروزی، پایین بوده و مقاومت الکتریکی سیستم نیز از جمله دیگر مانع های موجود برای اینکار است.

(ب) راه حل دیگر برای ذخیره ی انرژی ایجاد شده توسط ژنراتور ، طراحی مداراتی است که شامل خازن هایی با قابلیت ذخیره ی بالا هستند. یعنی می توان انرژی ایجاد شده را به شکل دیگری در خازن ها مهار کرد و بدیهی است که در این نوع سیستم ذخیره ، با استفاده از خازن، می توان با ذخیره های متوالی انرژی الکتریکی در خازن، آمپراژ لازم را برای کاربرد های گوناگون را بدست آورد.¹ البته لازم به ذکر است که برای طراحی اینگونه مدارات باید آزمایش های زیادی روی نمونه های ساخته شده ، انجام شود تا بهینه ترین رابطه بین اجزای الکتریکی و مکانیکی بوجود آمده و هماهنگی لازم بدست آید.²

کاربرد های پیشنهادی :

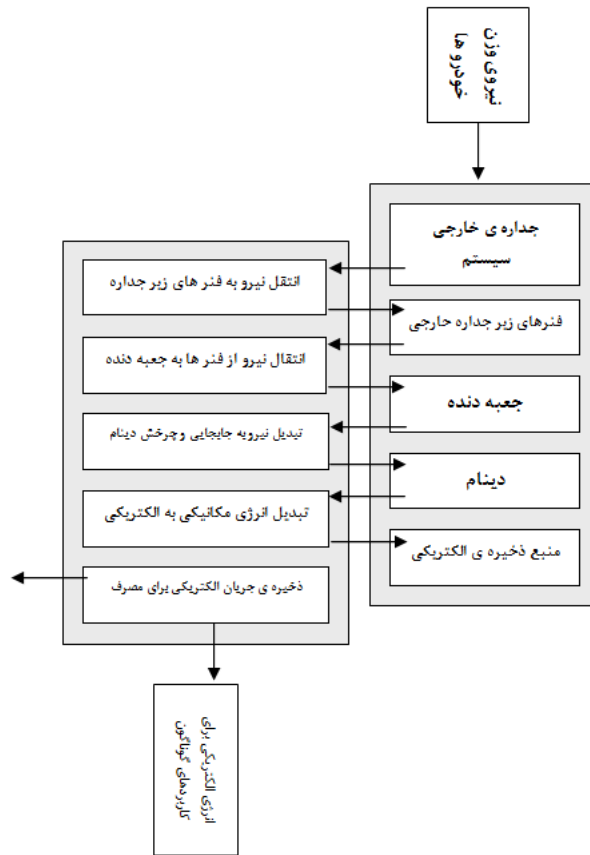
- بر اساس محاسبات و تخمین ها ، می توان چنین کاربردهایی برای این سیستم پیشنهاد کرد :
- ۱) استفاده از ذخیره ی برق سیستم برای مواقع اضطراری در چراغ های راهنمایی (یعنی با قطع شدن برق قسمتی از شهر ، چراغ های راهنمایی می توانند از برق ذخیره ی خود اضافی خود استفاده کنند) .
 - ۲) استفاده از ذخیره برق سیستم برای چراغ های خیابان یا چراغ های اخطار در خیابان .
 - ۳) استفاده از ذخیره برق سیستم برای بردهای تبلیغاتی، درجاده های ورودی شهرها
 - ۴) استفاده از سیستم به عنوان سرعت گیر هوشمند.
 - ۵) ...

¹ بدیهی است که افزایش (یا کاهش) آمپراژ باعث کاهش (یا افزایش) ولتاژ خواهد شد. با تغییرات این دو عامل می توان از توان الکتریکی، که حاصل ضرب ولتاژ در آمپراژ است، در انتخاب کاربرد ها بهره برد.

² برای مثال در انتخاب فنر ها ، باید با توجه وزن اتومبیل ها ، اقدام کرد. هر فنر محدوده حرکتی مشخصی دارد که ممکن است در اثر اعمال جابجایی بیشتر از آن ، تغییر شکل دائمی دهد که نسبت به این مقدار مشخص ، ارتفاع سکو های محدود کننده مشخص می گردد. دقت در انتخاب فنر می تواند برای عمر طولانی مدت فنر نیز باشد. زیرا توجه به جنس فنر ها ، نسبت به اینکه ممکن است در اثر تغییر شکل های متوالی در طی چند ماه یا سال، خاصیت خود را از دست بدهد، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

همین دقت در انتخاب اجزای دیگر سیستم وجود دارد: انتخاب خازن ها با ظرفیت های مختلف و نحوه ی قرار گیری آنها ، جنس سیم ها حامل جریان و مقاومت هر کدام، جنس چرخ دنده ها و استهلاک آنها در طولانی مدت و

فلوچارت سیستم طراحی شده :



تشکر و قدردانی

- در خاتمه لازم می دانیم تا از همکاری صمیمانه ی افراد ذیل تشکر و قدردانی کنیم:
- مهندس مجتبی خلیجی (برق و کنترل): بخاطر کمک در پرورش ایده ی طرح و پیاده سازی آن.
 - مهندس محمود خردمند (مکانیک): بخاطر کمک در طراحی مدلی مکانیکی در جذب انرژی جاری ناشی از حرکت خودرو.
 - آقای هاشم خشایی (دبیر فیزیک): بخاطر کمک در طراحی فنی و ساخت ماکت طرح.
 - مهندس مرتضی آموزگار (صنایع): بخاطر کمک در اجرای طرح.