طراحي و ساخت بالاست الكترونيكي براي لامپ هاي گازي(بخار جيوه و بخارسديم)

شركت مسن انرژی قشم

محل انجام كار: شركت ساخت صنعت گلستان	**مجري:** شركت مسن انرژی قشم
سال شروع : ۹۷	**سال پايان :** ۹۸

معرفي پروژه:

لامپهاي تخليه در گاز، بار قابل توجهي از شبكه توزيع برق را تشكيل مي‌دهند. در حال حاضر براي روشن نمودن آنها از بالاستهاي مغناطيسي استفاده مي‌شود. با پيشرفت المان‌هاي الكترونيك قدرت، امكان ساخت بالاستهاي الكترونيكي فراهم شده و تحقيقات نشان مي‌دهد استفاده از بالاستهاي الكترونيكي در مقايسه با بالاستهاي مغناطيسي، باعث افزايش طول عمر لامپ تا دو برابر، افزايش ضريب قدرت ، حذف اثر سوسوزدن، ايجاد شار نوري ثابت در تغييرات وسيع ولتاژ ورودي، كنترل نور، امكان مديريت مصرف انرژي روشنايي، كاهش ۵ تا ۱۰ درصد مصرف انرژي در شار نوري ثابت و ... خواهد شد. مزاياي فوق و به خصوص كاهش مصرف انرژي، اهميت تحقيق به منظور طراحي و ساخت اين گروه از بالاستهاي الكترونيكي را نشان مي‌دهد هدف از انجام اين پروژه طراحي و ساخت بالاست الكترونيكي براي لامپ ۲۵۰ وات سديم و ۲۵۰ وات جيوه مي‌باشد.

مراحل انجام پروژه شامل موارد زير بوده:

خلاصه اقدامات انجام شده در اين پروژه شامل موارد زير بوده است:

۱- بررسي استانداردهاي مربوط به لامپ و بالاست، كاتالوگ شركتهاي سازنده لامپ و بالاست، مقالات IEEE در زمينه بالاست. ۲- تهيه نمونه‌هاي خارجي و بررسي ساختار و عملكرد آنها ۳- طراحي اوليه قسمتهاي مختلف بالاست شامل مدار قدرت،كنترل وتغذيه	۴- ساخت نمونه نهايي و انجام تستهاي عملكرد در آزمايشگاه روشنايي دانشكده فني دانشگاه تهران ۵- بررسي عملكرد بالاست با نصب در محوطه عمومي شركت توزيع نيروی برق استان هرمزگان به مدت چند ماه

نمونه بالاست الكترونيكي ساخته شده

در اين پروژه دو بالاست الكترونيكي نمونه براي لامپ ۲۵۰ وات سديم پرفشار و ۲۵۰ وات جيوه پرفشار، طراحي و ساخته شد كه ابتدا در آزمايشگاه روشنايي دانشكده فني دانشگاه تهران توسط مجري تست شد و سپس در محوطه عمومي شركت برق منطقه‌اي تهران مورد به مدت ۲ ماه به صورت آزمايشي مورد بهره‌برداري قرار گرفت.

هم اكنون نيز شركت برق منطقه‌اي تهران قصد دارد، نمونه ساخته شده بالاست را براي يك شركت توزيع كه براي دريافت نتايج پروژه اظهار تمايل كرده است، ارسال كند. البته درمورد نحوه واگذاري دانش فني پروژه به شركت توزيع، در جلسه هيئت مديره بحث خواهد شد.

بسمه تعالي

خلاصه مديريتي پروژه :

طراحي و ساخت بالاست الكترونيكي براي لامپهاي گازي (بخار جيوه و بخار سديم)

كارفرما: شركت مسن انرژی قشم

مجري: شركت ساخت صنعت گلستان

آذرماه ١٣٩٦

مقدمه

لامپهاي تخليه در گاز، بار قابل توجهي از شبكه توزيع برق را تشكيل مي‌دهند. در حال حاضر براي روشن نمودن آنها از بالاستهاي مغناطيسي استفاده مي‌شود. با پيشرفت المان‌هاي الكترونيك قدرت، امكان ساخت بالاستهاي الكترونيكي فراهم شده و تحقيقات نشان مي‌دهد استفاده از بالاستهاي الكترونيكي در مقايسه با بالاستهاي مغناطيسي، باعث افزايش طول عمر لامپ تا دو برابر، افزايش ضريب قدرت ، حذف اثر سوسوزدن، ايجاد شار نوري ثابت در تغييرات وسيع ولتاژ ورودي، كنترل نور، امكان مديريت مصرف انرژي روشنايي، كاهش ٥ تا ١٠ درصد مصرف انرژي در شار نوري ثابت و ... خواهد شد. مزاياي فوق و به خصوص كاهش مصرف انرژي، اهميت تحقيق به منظور طراحي و ساخت اين گروه از بالاستهاي الكترونيكي را نشان مي‌دهد هدف از انجام اين پروژه طراحي و ساخت بالاست الكترونيكي براي لامپ ٢٥٠ وات سديم و ٢٥٠ وات جيوه مي‌باشد.

١- روند انجام پروژه

به منظور ساخت بالاست الكترونيكي ابتدا نحوه عملكرد انواع لامپهاي گازي در راه‌اندازي و كار دائم مطالعه و در ادامه بالاستهاي مغناطيسي از نظر كنترل ولتاژ، جريان و توان لامپ مورد بررسي قرار گرفت. به منظور ساخت بالاست الكترونيكي بهينه، چند نمونه موجود در بازار تهيه و نحوه عملكرد و مدار مربوطه بررسي گرديد و در پايان با توجه به نتايج به دست آمده و مقالات معتبر IEEE مدار نهايي بالاست طراحي و ساخته شد. در ادامه بالاست الكترونيكي ساخته شده در آزمايشگاه روشنايي دانشگاه تهران مورد آزمايش قرار گرفت كه نتايج رضايتبخش بوده است. در انتها ی پروژه بالاست الكترونيكي به مدت چند ماه در محوطه عمومي شركت توزيع نيروی برق استان هرمزگان مورد تست عملكردي قرار خواهدگرفت.

بالاست الكترونيكي شامل سه قسمت مدار قدرت، مدار كنترل و مدار تغذيه بالاست است كه در ادامه مورد بررسي قرار خواهند گرفت.

۱-۱- طراحي وساخت مدار قدرت

بلوك دياگرام مدار قدرت در شكل (۱) و شماي مدار قدرت در شكل(۲) آمده است. مدار قدرت داراي پنج بخش زير مي‌باشد :

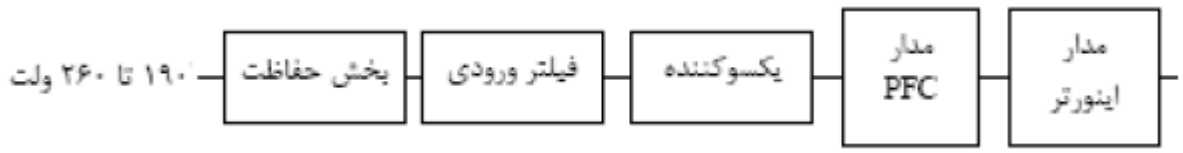
۱- بخش حفاظت كه از بالاست الكترونيكي در مقابل اضافه ولتاژ و جريان اتصال كوتاه حفاظت مي‌كند.

۲-فيلتر ورودي : مطابق شكل (۲)، C۱۰۱ و L۱۰۱ مدار فيلتر ورودي را تشكيل داده كه از ورود فركانس‌هاي بالاي توليد شده توسط بالاست الكترونيكي به شبكه توزيع جلوگيري مي‌كند.

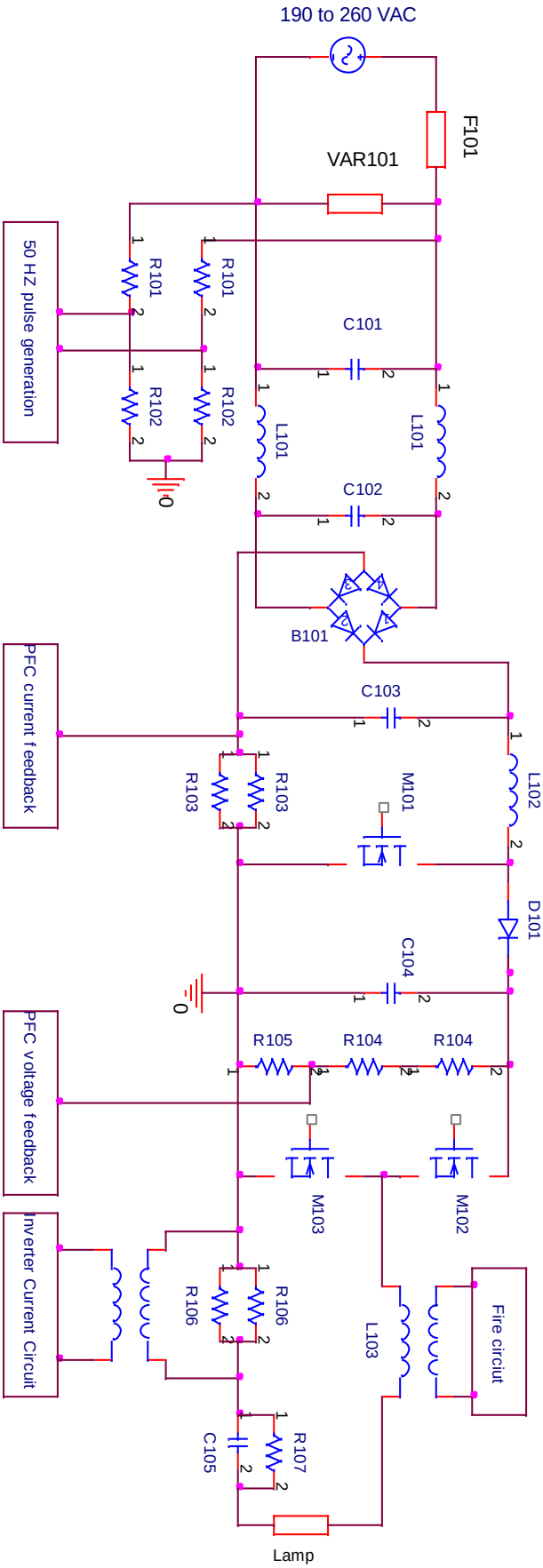
۳- يكسوكننده : ولتاژ ۲۲۰ ولت شبكه توسط پل B۱۰۱ يكسو شده و در خازن كوچك C۱۰۳ ذخيره مي‌گردد. مدار تصحيح ضريب توان از ولتاژ خازن C۱۰۳ استفاده مي‌كند.

٤- مدار PFC (تصحيح ضريب توان) : سلف L۱۰۲ ، ماسفت M۱۰۱ ، ديود D۱۰۱ و خازن C۱۰٤ مدار تصحيح ضريب توان را تشكيل مي‌دهند مدار كنترل ضريب توان يا PFC يك رگولاتور سوئيچينگ از نوع boost است. ولتاژ داراي ريپل خازن C۱۰۳ توسط اين مدار به ولتاژ ثابت در دو سر خازن C۱۰٤ براي استفاده در اينورتر تبديل مي‌گردد. اين مدار علاوه بر واحد نمودن ضريب قدرت، تاثير نوسانات ولتاژ شبكه را در عملكرد بالاست الكترونيكي از بين مي‌برد. ولتاژ دو سر مقاومت‌هاي R۱۰۳ و R۱۰۵ به منظور كنترل مدار PFC استفاده مي‌شود.

٥- مدار اينورتر : اينورتر بالاست الكترونيكي به صورت نيم‌پل و عملكرد آن بر اساس رزونانس است. ماسفت‌هاي M۱۰۲ و M۱۰۳ سوئيچ‌هاي مدار اينورتر، سلف L۱۰۳ و خازن C۱۰۵ المان‌هاي رزونانس مي‌باشند. براي روشن نمودن لامپ ۲۵۰ وات سديم در لحظه اول به ولتاژي در حدود ٤ كيلو ولت نياز بوده كه اين ولتاژ توسط مدار آتش و سلف L۱۰۳ ايجاد، و به لامپ اعمال مي‌گردد. مدار كنترل با استفاده از مقاومت‌هاي R۱۰٦ ، جريان مدار اينورتر را كنترل مي‌كند.



شکل(۱)، بلوک دیاگرام مدار قدرت



شکل(۲)، شماي مدار قدرت

۱-۲- طراحي و ساخت مدار كنترل

مدار كنترل بالاست الكترونيكي ۲۵۰ وات سديم داراي دو قسمت ديجيتال و آنالوگ بوده كه بخش ديجيتال بر اساس ميكروكنترلر ATMEGA۸ مي‌باشد. وظايف مدار كنترل عبارتند از:

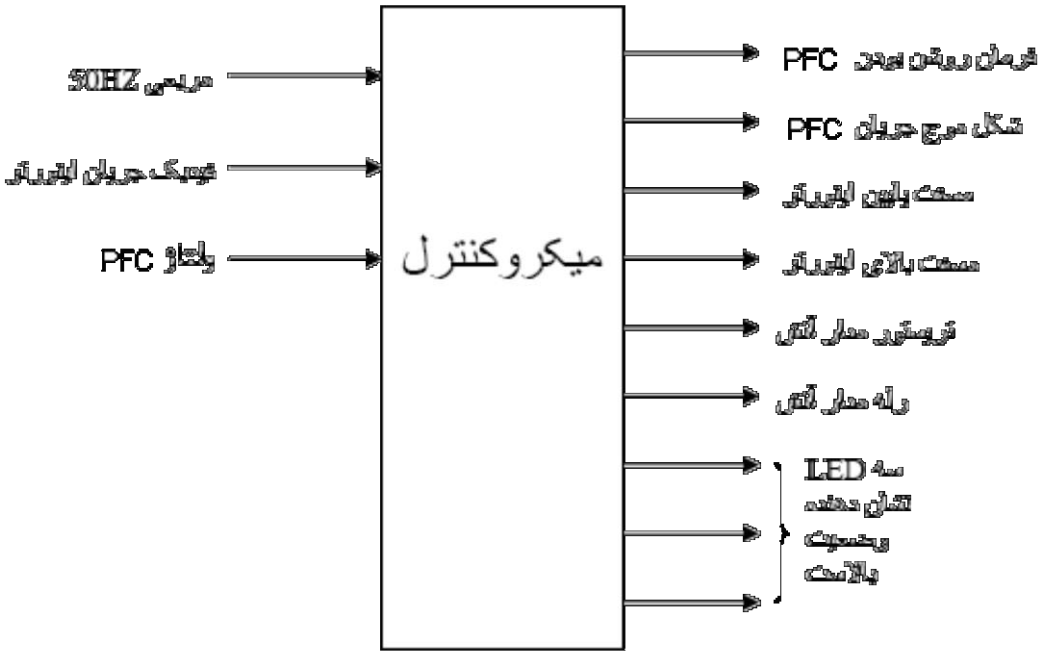
۱- ساخت موج مربعي سنكرون با شبكه به منظور كنترل مدار تصحيح توان و واحد نمودن ضريب قدرت

۲- كنترل مدار تصحيح ضريب توان

۳- كنترل اينورتر به منظور راه‌اندازي و استفاده از لامپ

٤- كنترل مدار آتش به منظور ايجاد ولتاژ بالا براي شروع به كار لامپ ۲۵۰ وات سديم

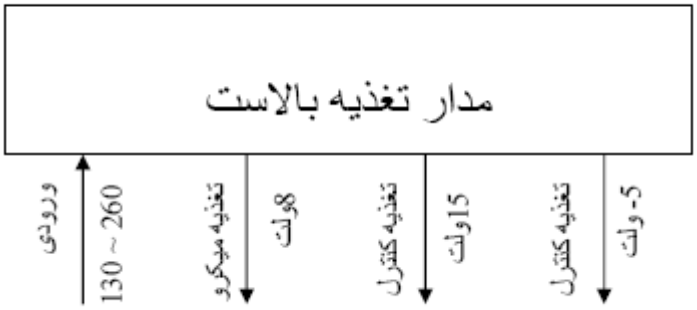
ورودي و خروجي‌هاي ميكروكنترلر ATMEGA در شكل (۳) آمده است.



شكل(۳)، ورودي و خروجي‌هاي ميكروكنترلر

۱-۳- طراحي و ساخت مدار تغذيه

بخش ديجيتال مدار كنترل به ۵ ولت و بخش آنالوگ آن به ۵- و ۱۵ ولت نياز دارد. مدار تغذيه بالاست الكترونيكي ولتاژ ۲۲۰ ولت شبكه را دريافت و ولتاژهاي ۸، ۱۵ و ۵- را ايجاد مي‌كند. ولتاژ ۵- و ۱۵ ولت مستقيما در بخش آنالوگ مدار كنترل استفاده مي‌گردد. با توجه به حساسيت تغذيه بخش ديجيتال مدار كنترل، از ولتاژ ۸ ولت به همراه يك رگولاتور براي ساخت ولتاژ ۵ ولت استفاده مي‌گردد.



شكل(٤)، ورودي و خروجي‌هاي مدار تغذيه

٢- نتايج آزمون‌هاي عملكردي

در آزمايشگاه روشنايي دانشگاه تهران دو نوع بالاست الكترونيكي و مغناطيسي براي لامپ‌هاي ٢٥٠ وات سديم و جيوه مورد آزمايش قرار گرفت. نتايج به دست آمده مربوط به لامپ ٢٥٠ وات سديم در جدول (١) آورده شده و در ادامه نتايج به دست آمده مورد يررسي قرار خواهد گرفت.

٢-١- مقايسه دو نوع بالاست از نظر تغييرات ولتاژ ورودي

يكي از معايب بالاست مغناطيسي تغيير توان ورودي به لامپ در اثر تغييرات ولتاژ ورودي است. كاهش توان ورودي به لامپ در اثر كاهش ولتاژ، به ترتيب درصد كاهش، باعث كاهش شار نوري لامپ، ايجاد طيف نوري نامناسب و در نهايت خاموش شدن لامپ خواهد شد. همچنين افزايش توان ورودي به لامپ در اثر افزايش ولتاژ ورودي، باعث كاهش طول عمر لامپ خواهد شد.

نتايج جدول (١) نشان مي‌دهد كه تغيير ولتاژ ورودي از ١٩٥ ولت تا ٢٤٨ ولت (در حدود ٨٥ تا ١١٠ درصد ولتاژ نامي) باعث تغيير توان ورودي به مجموعه لامپ و بالاست مغناطيسي از ٢٠٩ تا ٣٧٤ وات شده، در حاليكه مقدار نامي آن ٢٧٥ وات مي‌باشد. جدول (١) نشان مي‌دهد كه تغييرات ولتاژ ورودي از حدود ٨٥ تا ١١٠ درصد، تاثير چنداني در توان ورودي به مجموعه لامپ و بالاست الكترونيكي ندارد.

۲-۲- مقایسه دو نوع بالاست از نظر ضریب قدرت

یکي از اهداف ساخت بالاست الکترونیکي رسیدن به ضریب قدرت ۰/۹ مي‌باشد. نتایج به دست آمده در جدول (۱) نشان مي‌دهد ضریب قدرت مجموعه‌ي لامپ ۲۵۰ وات سدیم به همراه بالاست مغناطیسي در ولتاژهاي ۱۹۵، ۲۳۰ و ۲۴۸ ولت به ترتیب برابر ۰/۴۱، ۰/۴۶ و ۰/۴۸ بوده و بالاست الکترونیکي ضریب قدرت را در این سطوح ولتاژ به ۰/۹۹ افزایش داده است.

۲-۳- مقایسه دو نوع بالاست از نظر جریان ورودي

با افزایش ولتاژ ورودي به مجموعه لامپ و بالاست مغناطیسي، توان ورودي افزایش یافته و در نتیجه جریان ورودي نیز افزایش خواهد یافت. در حالیکه در نوع الکترونیکي به دلیل ثابت بودن توان، افزایش ولتاژ باعث کاهش جریان ورودي خواهد شد. همچنین به دلیل بالا بودن ضریب قدرت بالاست الکترونیکي نسبت به مغناطیسي، جریان بالاست الکترونیکي در توان مساوي کمتر از بالاست مغناطیسي است.

با توجه به جدول (۱) ، افزایش ولتاژ از ۱۹۵ به ۲۴۸ ولت باعث افزایش جریان بالاست مغناطیسي از ۲/۶۲ به ۳/۱۱ شده در حالیکه جریان بالاست الکترونیکي از ۱/۳۴ به ۱/۱۳ کاهش یافته است. همچنین به دلیل تفاوت ضریب قدرت، جریان بالاست الکترونیکي همواره کمتر از بالاست مغناطیسي است.

۲-۴- مقایسه دو نوع بالاست از نظر ضریب هارمونیکي

با مقایسه نتایج جدول (۱) مشخص مي‌گردد که ضریب هارمونیکي (THD) بالاست الکترونیکي ۲۵۰ وات سدیم کمتر از نوع مغناطیسي مي‌باشد. به عنوان مثال ضریب هارمونیکي بالاست الکترونیکي براي ولتاژ نامي ۲۳۰ ولت، برابر ۶/۶۵ درصد، که این مقدار کمتر از ۹/۹۲ درصد بالاست مغناطیسي مشابه مي‌باشد. بر اساس استاندارد ANSIC ۸۲,۷۷ (۲۰۰۲) حداکثر ضریب هارمونیکي براي روشنایي صنعتي برابر ۳۲ درصد تعیین شده که بالاست الکترونیکي ساخته شده شرایط استاندارد را برآورده مي‌کند.

۲-۵- مقایسه دو نوع بالاست از نظر بهره نوري

یکي از مزایاي بالاست الکترونیکي در مقایسه با بالاست مغناطیسي افزایش بهره‌نوري مي‌باشد. مطابق جدول (۱)، بـ هره

نوري بالاست الكترونيكي به همراه لامپ ۲۵۰ وات سديم همواره بيش از نوع مغناطيسي است.

نوع بالاست ۲۵۰ سديم	مغناطيسي			الكترونيكي		
ولتاژ (ولت)	۱۹۵	۲۳۰	۲۴۸	۱۹۵	۲۳۰	۲۴۸
جريان (آمپر)	۲/۶۲	۲/۶۹	۳/۱۱	۱/۳۴	۱/۲۱	۱/۱۳
توان ورودي (وات)	۲۰۹/۱	۳۱۲/۵	۳۷۴/۲	۲۶۰/۲۰	۲۷۶/۳	۲۷۶/۹
ضريب قدرت	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
درصد ضريب هارمونيكي	۷/۸۰	۹/۹۲	۱۱/۳۰	۵/۶۶	۶/۶۵	۷/۴۱
شار نوري (لومن)	۲۱۳۸۴	۳۴۶۱۸	۴۰۹۵۷	۲۹۲۵۵	۳۱۲۷۵	۳۱۳۰۹
بهره‌نوري (لومن بر وات)	۱۰۲/۲۷	۱۱۰/۷۸	۱۰۹/۴۵	۱۱۲/۴۳	۱۱۳/۱۹	۱۱۳/۰۷

جدول(۱)، نتايج حاصل از بالاست مغناطيسي و الكترونيكي در ولتاژهاي ۱۹۵، ۲۳۰ و ۲۴۸ ولت

۳- ارزيابي اقتصادي

بالاست الكترونيكي ساخته شده در اين پروژه به صورت آزمايشگاهي بوده و در صورت ادامه تحقيقات، امكان صنعتي نمودن طرح وجود دارد. يك بالاست الكترونيكي با كاربري صنعتي بايد داراي مشخصات زير باشد :

۱- داراي ضريب قدرت حداقل ۰/۹

۲- حداكثر ضريب هارمونيكي برابر ۳۲ درصد

۳- داراي بهره‌نوري بالاتر نسبت به مغناطيسي

۴- كنترل توان و جريان ورودي به لامپ در محدوه مجاز با وجود نوسانات ولتاژ ورودي

۵- داراي ضريب اطمينان بالا

٦- داراي حجم و وزن و قيمت مناسب

در ادامه منافع، هزينه‌ها و نسبت منافع به هزينه يك بالاست الكترونيكي با كاربرد صنعتي محاسبه شده است.

۳-۱- محاسبه منافع

استفاده از بالاست الكترونيكي در صنعت داراي مزاياي زيادي بوده كه به طور مبسوط در گزارش پروژه آمده است. در جدول (۲)، چهار مزيت مهم استفاده از بالاست الكترونيكي ۲۵۰ وات سديم به همراه ارزيابي اقتصادي مربوطه، بر اساس قيمت‌هاي سال ۸٦ آورده شده است. منافع حاصل از استفاده بالاست الكترونيكي عبارتند از:

۳-۲- صرفه‌جويي ناشي از افزايش ضريب قدرت

بر اساس محاسبات انجام شده در گزارش پروژه، استفاده از بالاست الكترونيكي براي لامپ ۲۵۰ وات سديم باعث حذف يك خازن ٤۰ ميكروفاراد با قيمت ۵۰۰/۰۰۰ ﷼ مي‌گردد.

۳-۳- صرفه‌جويي ناشي از افزايش طول عمر

فرض بر اين است كه بالاست الكترونيكي عمر مفيد ٤۰/۰۰۰ ساعت در طول ده سال داشته باشد و با افزايش عمر مفيد لامپ از ۲۰/۰۰۰ ساعت به ٤۰/۰۰۰ ساعت، باعث صرفه‌جويي در هزينه خريد و تعويض يك لامپ در مدت ده سال عمر مفيد خود گردد. در اين صورت باعث صرفه‌جويي برابر ۵۰۰/۰۰۰ ﷼ خواهد شد.

۳-٤- صرفه‌جويي ناشي از كاهش هزينه توليد و انتقال

همچنين بالاست الكترونيكي با افزايش بهره نوري باعث كاهش ده درصدي در توان مصرفي گرديده كه اين مقدار بر اساس محاسبات انجام شده برابر ۲۷/۵ وات مي‌باشد. اگر هزينه توليد و انتقال ۵۰/۰۰۰/۰۰۰ ﷼ بر كيلووات باشد، صرفه‌جويي در توليد و انتقال توان برابر ۱/۳۷۵/۰۰۰ ﷼ خواهد بود.

۳-۵- صرفه‌جويي ناشي از كاهش هزينه انرژي مصرفي

كاهش توان برابر ۲۷/۵ وات باعث صرفه‌جويي برابر ۱۱۰ كيلووات ساعت در سال گرديده و اگر هزينه هر كيلووات ساعت برابر ۷۰۰۰

ريال باشد، در هر سال هزينه‌اي برابر ۷۷۰،۰۰۰ ريال و در ده سال هزينه‌اي برابر ۷،۷۰۰،۰۰۰ ريال صرفه‌جويي خواهد شد. نتايج ارزيابي اقتصادي در جدول (۲) آمده است.

ردیف	شرح منافع	نحوه محاسبه	مبلغ به ريال
۱	افزايش ضريب قدرت	مطابق جدول (۱۰-۱) گزارش	۵۰۰،۰۰۰
۲	افزايش طول عمر لامپ	مطابق جدول (۱۰-۲) گزارش	۵۰۰،۰۰۰
۳	كاهش هزينه توليد و انتقال	مطابق جدول (۱۰-۳) گزارش	۱،۳۷۵،۰۰۰
٤	كاهش تلفات انرژي	مطابق جدول (۱۰-٤) گزارش	۷،۷۰۰،۰۰۰
	جمع		۱۰،۰۷۵،۰۰۰

جدول(۲)، منافع حاصل از جايگزيني بالاست الكترونيكي به جاي بالاست مغناطيسي ۲۵۰ وات سديم

۳-٦ - نسبت منافع به هزينه

بر اساس گزارش پروژه، قيمت تمام شده يك بالاست الكترونيكي ۲۵۰ وات سديم در سال ۸٦ برابر ۱،۹۵۰،۰۰۰ ريال و قيمت تمام شده يك بالاست مغناطيسي برابر ۵۰۰،۰۰۰ ريال مي‌باشد. هزينه جايگزيني بالاست الكترونيكي به جاي بالاست مغناطيسي برابر ۷۰۰،۰۰۰ ريال خواهد بود. با توجه به جدول (۲)، منافع حاصل از اين جايگزيني ۲،۱۱۸،٤۱۳ ريال مي‌باشد و بنابراين نسبت منافع به هزينه اين جايگزيني ٦/۰٦ خواهد بود. و اين نسبت نشان دهنده اقتصادي بودن طرح مي‌باشد.

عنوان	مبلغ (ريال)
قيمت تمام شده بالاست الكترونيكي ۲۵۰ سديم	۱،۹۵۰،۰۰۰
قيمت تمام شده بالاست مغناطيسي ۲۵۰ سديم	۵۰۰،۰۰۰
هزينه (تفاوت قيمت دو بالاست)	۱،٤۵۰،۰۰۰
منافع بالاست الكترونيكي	۱۰،۰۷۵،۰۰۰
نسبت منافع به هزينه	۸،٦۲

جدول(۳)، نسبت منافع به هزينه در جايگزيني بالاست الكترونيكي به جاي مغناطيسي ۲۵۰ وات سديم

٤- نتايج و پيشنهادات

ارزيابي اقتصادي نشان مي‌دهد كه استفاده از بالاست الكترونيكي صنعتي شده داراي توجيه اقتصادي است. نتايج حاصل از اين پروژه نشان مي‌دهد كه در صورت ادامه تحقيقات، امكان ساخت بالاست الكترونيكي با كاربري صنعتي وجود دارد. به منظور ادامه تحقيقات جهت صنعتي نمودن بالاست الكترونيكي براي لامپهاي گازي، پيشنهادات زير ارائه مي‌گردد:

۱-بر روي كاهش تلفات در بالاست الكترونيكي كار بيشتري انجام شده و با كاهش تلفات، لومن بر وات مجموعه بالاست و لامپ افزايش يابد. افزايش حتي يك درصد به بهره‌نوري لامپ و بالاست، باعث صرفه‌جويي بسيار بالا در انرژي و هزينه‌ها در حد كلان خواهد شد.

۲-با كاهش تلفات، حجم هيت‌سينگ و در نتيجه حجم بالاست و قيمت تمام شده بالاست كاهش مي‌يابد.

۳-در مورد افزايش ضريب اطمينان بالاست الكترونيكي تحقيق شده و سعي گردد تا ضريب اطمينان عملكرد بالاست افزايش يابد.

٤-در مورد روشهاي كاهش صدمه به بالاست الكترونيكي در اثر ضربه، حرارت، رطوبت و ضربه‌هاي ولتاژ ورودي تحقيق گردد.

٥-در مورد نواحي ناپايداري لامپهاي سديم و متال‌هاليد تحقيق و در مورد روشهاي كاهش ناپايداري‌ها مطالعه گردد.

٦-در مورد روشهاي ساده‌سازي مونتاژ بالاست الكترونيكي مطالعه و اين روشها در طراحي منظور گردد.