

جایگاههای دو منظوره LCNG

بررسی و امکان سنجی ذخیره سازی LNG در جایگاههای CNG

ابوالفضل برخوردار یون^۱، مهرداد معینی شاد^۲، یداله پیرزاده^۳

مرکز تحقیقات روغن - پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

در حال حاضر از ایستگاههای LCNG برای سوختگیری ناوگان ترکیبی از وسائط نقلیه LNG و CNG سوز استفاده می شود. یکی از راههای مصرف و استفاده از LNG توزیع CNG از LNG ذخیره شده در محل جایگاه ها می باشد. جایگاه CNG بر پایه کمپرسور بنا نهاده شده و یک جایگاه LCNG نیازمند یک پمپ کرایونیک و مخازن ذخیره LNG است. این عمل توسط پمپ های کرایونیک فشار بالا برای فشرده نمودن LNG تا فشار ۴۰۰۰ تا ۴۵۰۰ psi و سپس تبخیر مایع بسیار فشرده می باشد. یک جایگاه LCNG شامل مخازن ذخیره سازی اصلی به ظرفیت ۱۵ تا ۳۰٫۰۰۰ رگال و فضایی مناسب جهت کنترل تاسیسات جایگاه می باشد. سرمایه گذاری لازم جهت احداث یک جایگاه LCNG بزرگ، کمتر از یک جایگاه CNG و هزینه های کارکرد و نگهداشت آن نیز کمتر از یک جایگاه CNG است. هدف از ارائه مقاله حاضر، آشنایی با تجهیزات و نحوه عملکرد جایگاههای سوختگیری دو منظوره LCNG و مقایسه آنها از دیدگاه فنی و اقتصادی، جهت استفاده در ناوگاه خودروهای CNG سوز کشور می باشد.

واژه های کلیدی: گاز طبیعی مایع شده LNG، جایگاههای سوختگیری گاز، گاز طبیعی فشرده شده CNG، وسائط نقلیه سنگین، جایگاههای سوختگیری دو منظوره LCNG

۱ - عضو هیات علمی پژوهشگاه صنعت نفت (مدرک کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی)

۲ - کارشناس و مدیر پروژه واحد سوخت و احتراق (مدرک لیسانس مهندسی شیمی)

۳ - کارشناس و مدیر پروژه واحد سوخت و احتراق (مدرک مهندسی مکانیک گرایش طراحی جامدات)

یکی دیگر از راههای مصرف و استفاده از LNG توزیع CNG از LNG ذخیره شده در محل جایگاه ها می باشد. این عمل توسط پمپ های کریوژنیک فشار بالا برای فشرده نمودن LNG تا فشار ۴۰۰۰ تا ۴۵۰۰ psi و سپس تبخیر مایع بسیار فشرده است. فشار در خروجی پمپ های کریوژنیک بیش از ۵۰۰۰ psi می باشد این پمپ ها با ظرفیت ۳، ۶ و ۱۲ گالن بر دقیقه (بترتیب معادل با ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ فوت مکعب استاندارد (CNG) در دسترس می باشند. برای توزیع CNG در یک ناوگان شامل ۱۶۰ دستگاه اتوبوس نیاز به جایگاهی با ۳ پمپ با دبی ۱۲ gpm با ظرفیت کلی ۳۰۰۰ scf/min خواهد بود. برای حرکت درآوردن هر یک از این ۳ پمپ به یک الکترو موتور ۵۰ hp نیاز خواهد بود. کل توان مصرفی برای تجهیزات L/CNG برابر با ۱۵۰ hp است. این مقدار توان مصرفی بطور قابل توجهی کمتر از ۶۷۰ hp توان مورد نیاز برای حرکت درآوردن کمپرسورهای جایگاه CNG مشابه است. صرفه جویی انرژی ناشی از این حقیقت است که LNG قبلاً بمقدار خیلی زیاد فشرده شده و سیالی تراکم ناپذیر است، در مقایسه با خطوط لوله گاز، کار کمتری برای بالابردن فشار نیاز می باشد. LNG بعد از فشرده سازی توسط پمپ های سه گانه، توسط یک مبدل حرارتی تبخیر می گردد. CNG در مخزن ذخیره ای که CNG دیسپنسرها را تدارک می نماید، ذخیره می گردد. سیال یا عامل گرمایش مخلوط آب و گلیکول است که توسط یک مشعل گازسوز گرم می شود. سوخت مشعل گازسوز ممکن است از بخارات حاصل از جوشش گاز در مخازن ذخیره LNG نیز تامین شود (شکل ۱). این ترتیب باعث کاهش انباشت گرما و فشار بخار در مخازن ذخیره LNG و در نتیجه جلوگیری از خروج و تخلیه بخار از آن می شود. تبخیر کننده LNG ممکن است بنحوی تنظیم شود که دمای تقریبی CNG در (۴/۴ °F) ۴۰° نگاه داشته شود [1-5].

از آنجائیکه LNG خالص سازی می شود گاز متان خالص تری تولید می گردد. گزینه L/CNG راهی قطعی برای جلوگیری از ورود آلاینده هایی نظیر آب، روغن کمپرسور و هیدروکربورهای سنگین تر، که سیستم سوخت رسانی را تحت تاثیر قرار می دهند، می باشد. در این حالت با مشکلاتی مانند خشک کردن و فیلتراسیون گاز که در روش متراکم نمودن گاز خط لوله موجود بود روبرو نخواهیم شد. گاز خط لوله کیفیتی متغیر دارد، در بسیاری از موارد دیده شده که این امر به خرابی موتور و صدمه دیدن موتور اتوبوسها نیز منتهی شده است. استفاده از L/CNG ناوگان CNG را قادر می سازد که با سوختی با کیفیت بالا و بدون نقص کار کند. همچنین اگرچه قطع گاز در بیشتر قسمت ها کم صورت می گیرد اما احتمال بروز آن همیشه هست. ناوگان گازسوز به خطوط شبکه گاز متکی است، در صورت قطع کوتاه مدت، کمپرسورهای ایستگاه باید خاموش شوند. به کمک جایگاههای LNG یا L/CNG، تامین سوخت مورد نیاز اتوبوسها برای چندین روز امکانپذیر می گردد مشروط به اینکه، در تعیین ظرفیت مخازن ذخیره LNG جهت مقابله با احتمال قطع تحویل سوخت این موضوع در نظر گرفته شده باشد.



شکل ۱- نمایی از جایگاه سوختگیری LNG همراه با دیسپنسر سوختگیری LCNG

در حال حاضر از ایستگاههای L/CNG برای ناوگان ترکیبی از اتوبوس های LNG و CNG سوز استفاده می شود (بطور نمونه در سان مترو ال پاسو ایالت تگزاس^۱ آمریکا). عملیات و داشتن ناوگان بزرگی از خودروهای LNG سوز همراه با ناوگان کوچکتری از اتوبوس ها یا خودروهای سرویس دهی CNG سوز موضوعی جذاب است . مالکین ناوگان LNG موقعی که میزان مصرفشان به هزاران گالن بر روز می رسد علاقمند به کسب درآمد و کاهش هزینه تولید هستند حتی با فرض کمترین قیمت LNG ، احتمالاً هزینه تامین LNG بیشتر از هزینه تهیه آن از طریق گاز خط لوله خواهد بود . از اینرو اقتصادی ترین کار استفاده از حالت L/CNG است . یعنی ناوگان های بزرگ ، در مقایسه با CNG ، بخاطر مزایای عملیاتی LNG (برد حرکتی بالاتر ، وزن سبکتر و کاهش خطر فشارهای بالا) تبدیل به LNG سوز شوند اما ناوگان های کوچکتر CNG سوز باقی بمانند [2].

بررسی موانع و محدودیت های سوختگیری در جایگاههای عرضه CNG به خودروها
گاز طبیعی فشرده مایع شده (LCNG) از طریق پمپاژ LNG به یک فشار مشخص بالا و سپس تبخیر مایع از طریق یک مبدل حرارتی (تبخیر کننده) تولید می گردد . از LCNG در خودروهای سبک و سنگین و جایگاههای سوختگیری و عملیات مشابه با LNG می توان استفاده نمود . تحت فشار قرار دادن گاز طبیعی در هنگام مایع بودن کارآمد تر و سریع تر انجام می گردد . LCNG را می توان با استفاده از پمپ های کریوژنیک نسبتاً کوچک (به اندازه یک توپ بسکتبال) تحت فشار قرار داد . روش دیگر متداول برای تولید CNG مستلزم بکارگیری کمپرسورهای چند

¹ - Sun Metro in El Paso, Texas

مرحله ای گران قیمت و بزرگ در هر جایگاه می باشد. بعد از تحت فشار قرار دادن و تبخیر، LCNG بو دار (مطابق با گاز طبیعی در حالت گازی شکل) می گردد. سوخت گازی سپس در مخازن ذخیره جایگاه ذخیره و سپس توسط دیسپنسر به مخازن ذخیره سوخت در خودروها منتقل می گردد. بخاطر چگالی پایین تر انرژی CNG در مقایسه با LNG، جهت ذخیره سازی سوخت بر روی خودرو، مخازن CNG (در مقایسه با مخازن LNG) به فضای بیشتری نیاز دارند تا مسافتی یکسان را طی نمایند [3].

اگرچه این منبع راهنما بر روی خودروهای LNG سوز متمرکز شده اما آشنایی و شناخت گزینه LCNG می تواند در ارائه تصمیمات مفید و سازنده باشد. برای مثال اگر محل عملیاتی ناوگانی از خطوط شبکه توزیع گاز دور باشد گزینه حمل سوخت مایع عملی تر می باشد. بطور همزمان، تکنولوژی استفاده از CNG نیز براحتی در دسترس می باشد. اگر ناوگان شامل خودروهای سبک نیز باشد در این حالت ناوگان می تواند از گزینه LNG، بخاطر چگالی انرژی بالاتر برای حمل و نقل سوخت، و گزینه CNG بخاطر آسودگی بیشتر در ذخیره سازی سوخت بر روی خودروها بهره ببرد.

امکانات LCNG را می توان با انجام اصلاحات نسبتاً کمی به جایگاههای سوختگیری LNG اضافه نمود. با اضافه نمودن یک پمپ LNG، یک تبخیر کننده، لوله های ذخیره LNG (مخازن واسطه یا بافر¹)، و یک دیسپنسر CNG، یک جایگاه سوختگیری قابل تعدیل و اصلاح برای سوختگیری خودروهای CNG و LNG سوز است. در شکل ۲ نمایی از یک جایگاه LNG که به امکانات و دیسپنسر LCNG مجهز شده نشان داده شده است.

یکی از پیامدهای استفاده از گزینه سوختگیری LCNG فقدان روانکاری است. سوخت CNG بخاطر استفاده از کمپرسورهای فشار بالا نیاز به روانکاری بیشتری دارد. این عدم نیاز به روانکاری LCNG می تواند برای بعضی از موتورهای مشکل ایجاد نماید. مصرف کنندگان باید مراقب موتور و گارانتی های صادره از سوی سازندگان (OEM) آنها باشند [1].

خودروهای گاز طبیعی سوز فقط نیاز به فشار نسبتاً پایین ۵۰ تا ۱۲۰ psi برای کار دارند. ولی به منظور ذخیره سازی کافی سوخت در این خودروها جهت ایجاد محدوده مسافت رانندگی قابل قبول با آن ها، گاز طبیعی باید به صورت فشرده شده و یا مایع شده در خودرو ذخیره گردد. گاز طبیعی فشرده (CNG) معمولاً در محل ایستگاه سوختگیری توسط یک سیستم برمبنای کمپرسور تهیه می شود، درحالی که گاز طبیعی مایع شده (LNG) در یک مایع ساز بزرگ تولید و سپس به ایستگاه سوخت LNG که اساساً فقط یک ایستگاه توزیع بخار² است تحویل می گردد.

هر دو نوع خودروهای CNG و LNG سوز دارای یک سیستم On Board تبدیل جهت تأمین فشار ۵۰ تا ۱۲۰ psi مورد نیاز خودروی گاز طبیعی سوز می باشند. در CNG از رگلاتورهای

¹ - CNG storage tubes (buffer)

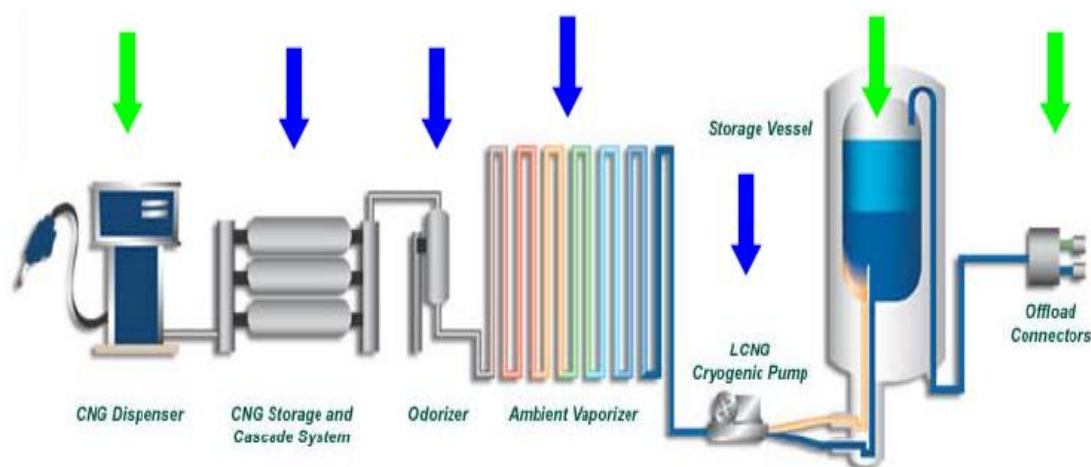
² - Dispensing Vapor Station

فشار برای کاهش فشار و در LNG از یک مبدل حرارتی و مایع خنک کننده خودرو برای گرم کردن LNG و تبدیل آن به گاز طبیعی به صورت بخار جهت تغذیه موتور استفاده می شود.

بهره گیری از LNG برای افزایش ظرفیت سوختگیری در جایگاههای CNG

یکی از مزایای LNG این است که می تواند برای تأمین سوخت خودرو نوع خودرو های LNG و CNG سوز در یک ایستگاه سوختگیری مورد استفاده قرار گیرد. سوخت LNG همچنین می تواند به عنوان خوراک در جایگاه های اختصاصی CNG به کار برده شود (جایگاه LCNG). در این بخش گزارش چهار جنبه کاربرد LNG به عنوان یک خوراک برای جایگاه CNG، به جای تولید CNG از روش سنتی استفاده از خط لوله گاز بررسی می گردد.

- ♦ فرآیند تبدیل ونحوه عملکرد آن
- ♦ تفاوت های جایگاه های LNG و جایگاه های CNG
- ♦ پارامترهای اقتصادی جایگاه های LNG و CNG
- ♦ موارد برتری جایگاه LCNG



شکل ۲- سیستم کارکرد جایگاه LCNG

یک جایگاه LCNG برای تحویل گاز طبیعی با فشار ۴۵۰۰ psi از طریق یک دیسپنسر به منظور تأمین فشار ۳۰۰۰ یا ۳۶۰۰ psi به مخازن CNG خودرو ها طراحی و ساخته می شود. در یک جایگاه LCNG این عمل از طریق یک پمپ LCNG و یک تبخیر کننده فشار بالا^۱ به انجام می رسد. پمپ، LNG را از مخزن ذخیره اصلی کشیده و فشار مایع را تا ۴۵۰۰ psi بالا برده

^۱ - High Pressure Vaporizer

وسپس آن را از میان یک تبخیر کننده فشار بالا که مایع را به گاز طبیعی فشرده شده تا فشار ۴۵۰۰ psi تبدیل می کند، ارسال می نماید. گاز طبیعی آنگاه بودار شده و به مخزن فرستاده می شود. یکی از تفاوت های عمده بین یک جایگاه LCNG و یک جایگاه CNG در این است که پمپ LCNG مایع را فشرده می نماید در حالی که جایگاه CNG بخار (گاز) را فشرده می سازد. مایع بسیار آسان تر از گاز کندانس می شود و یک کمپرسور CNG نیاز به ۵ تا ۱۵ برابر توان بیشتر نسبت به پمپ LCNG دارد. مثلاً یک پمپ LCNG با توان ۳۰HP یک جریان ۳۰۰ scfm را تولید می نماید. در صورتی که یک کمپرسور با توان ۲۰۰ تا ۳۰۰ HP قادر به تأمین این میزان جریان می باشد. چگونگی و نحوه ساخت جایگاه های LNG و CNG بسته به اینکه این دو سوخت کجا و چگونه تولید شوند، متفاوت می باشد. CNG در محل جایگاه تولید می گردد پس نیاز به ذخیره سازی زیادی ندارد در حالی که LNG در خارج جایگاه تهیه می شود و حداقل نیاز به ۲ تا ۳ روز ذخیره سازی در جایگاه سوخت رسانی دارد.

معرفی تجهیزات جایگاههای LCNG

جایگاه LCNG شامل مخازن ذخیره سازی بالک بزرگ به ظرفیت ۱۵،۰۰۰ تا ۳۰،۰۰۰ گالن و فضایی مناسب به منظور در نظر گرفتن ریخت و پاش می باشد. جایگاه LCNG دارای یک پمپ LCNG، یک تبخیر کننده فشار بالا و یک دیسپنسر CNG است [8]. افزایش هزینه این جایگاه به ازاء افزایش هر ۳۰۰ scfm ظرفیت توزیع در آن رقمی بین ۰،۰۰۰ تا ۸۰،۰۰۰ دلار می باشد. افزایش هر ۳۰۰ scfm ظرفیت در یک جایگاه CNG نیاز به افزودن تجهیزاتی از قبیل یک خشک کن^۱ اضافی، یک کمپرسور با ظرفیت ۲۰۰ تا ۴۰۰ HP و احتمالاً مخزن ذخیره سازی CNG و دیسپنسر اضافی دارد. در نتیجه هزینه یک جایگاه CNG با ظرفیت ۳۰۰ scfm و با یک دیسپنسر، کمتر از یک جایگاه LCNG با همین ظرفیت است زیرا هزینه های تجهیزات ذخیره سازی در LCNG بالاست ولی هزینه یک جایگاه LCNG بزرگ کمتر از یک جایگاه CNG است زیرا هزینه های افزایش ظرفیت در جایگاه LCNG کمتر می باشد. (شکل ۵).

تفاوت بزرگ دیگر بین جایگاه های LCNG و CNG در میزان کاری است که جایگاه انجام می دهد. کار صورت گرفته برای تولید LNG در خارج از سایت و در مایع ساز به انجام می رسد و بنابراین هزینه های کارکرد و نگهداری یک جایگاه LCNG نسبتاً پایین است. از سویی دیگر در جایگاه CNG تمام کار تولید CNG در سایت انجام شده و هزینه های کارکرد و نگهداری بالا و تقریباً ۰/۳ تا ۰/۳۵ دلار به ازاء هر ۱۰۰ scfm می باشد [1].

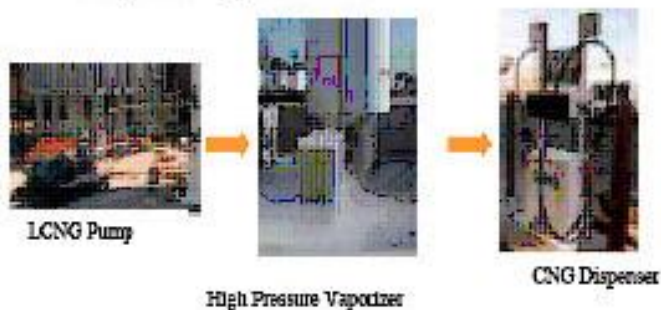
¹ - Dryer

Bulk Storage Module

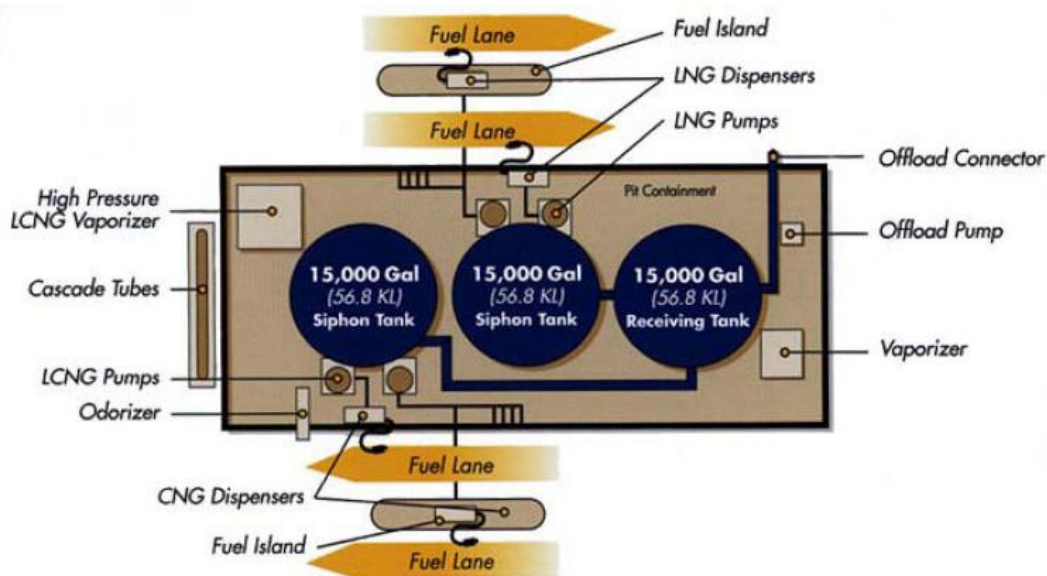


Bulk Storage

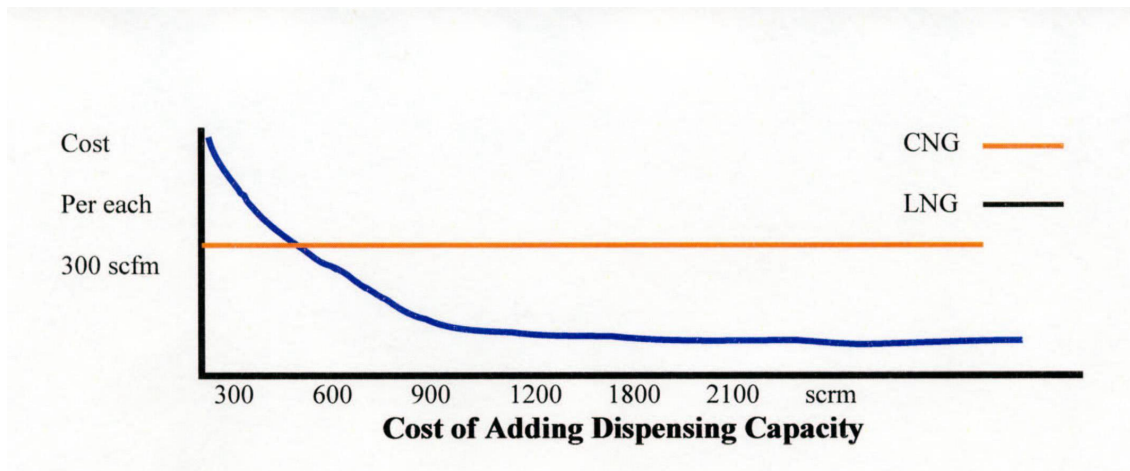
Dispensing Module



شکل ۳- مقیاس ذخیره سازی بالک و توزیع در جایگاه LCNG



شکل ۴- شماتیک کلی از یک جایگاه سوختگیری مرکب (جایگاه LCNG)



شکل ۵- هزینه افزایش ظرفیت توزیع

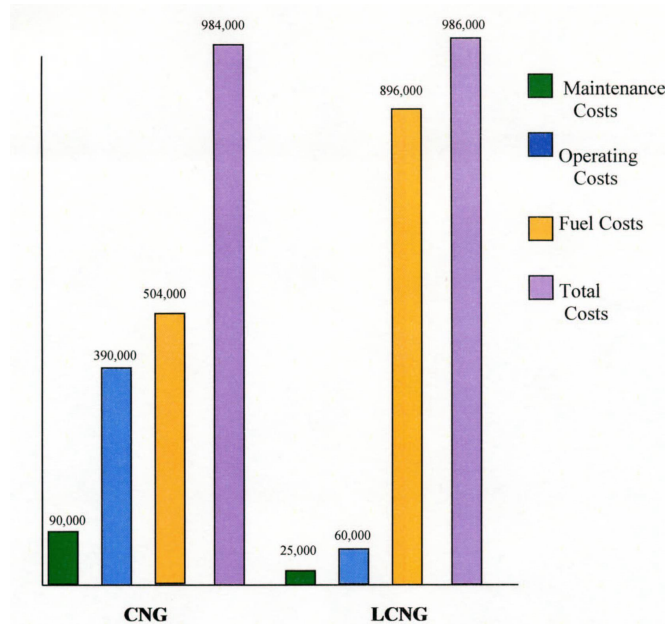
هزینه های کارکرد یک جایگاه CNG با ظرفیت ۳۰۰ scfm و سه ساعت کار در روز ۵۰,۰۰۰ دلار در سال و برای جایگاه CNG با ظرفیت ۹۰۰ scfm و با ۶ ساعت کار روزانه در حدود ۲۷۵,۰۰۰ دلار در سال تخمین زده می شود. ارقام فوق برای جایگاه LCNG با ظرفیت های مشابه به ترتیب در حدود ۱۰,۰۰۰ دلار تا ۶۰,۰۰۰ دلار می باشد. هزینه های نگهداری سالیانه برای یک جایگاه CNG در حدود ۷۵ تا ۱۰۰ دلار به ازاء هر scfm یا ۲۵,۰۰۰ تا ۳۰,۰۰۰ دلار در سال برای ظرفیت ۳۰۰ scfm در مقابل حدود ۱۰,۰۰۰ دلار برای یک جایگاه LCNG با ظرفیت ۳۰۰ scfm است. پارامتر جبران کننده هزینه های فوق برای CNG در مقایسه هزینه های کلی دو جایگاه این است که LNG نوعاً به ازاء هر ترم (واحد حرارتی) نسبت به CNG در حدود ۳۰ درصد هزینه بالاتری دارد (جدول ۱).

جدول ۱- هزینه های اضافی جایگاه های CNG و LCNG

ملاحظات برای جایگاه CNG	ملاحظات برای جایگاه LCNG
ممکن است جهت به حداقل رسانیدن صدا نیاز به حصارکشی اطراف کمپرسور باشد. بسته به کیفیت گاز در خط لوله ممکن است نیاز به خشک کن یا سایر تجهیزات اضافی جهت تمیز کردن گاز باشد. عمر کمپرسور ممکن است کوتاه تر از عمر - پمپ LCNG باشد.	نیاز به فضا برای تخلیه تانکر LNG می باشد. نیاز به فضا هم برای ذخیره سازی به صورت بالک و هم ریخت و پاش احتمالی در حین تخلیه LNG می باشد. نیاز به بودار کردن CNG تولید شده از LNG است.

براساس قیمت گاز تحویلی ۰/۴۲ دلار به ازاء هر ترم (واحد حرارتی) ، LNG تحویلی ۰/۵۶ دلار به ازاء هر گالن و مصرف سالیانه ۱,۲۰۰,۰۰۰ ترم (تقریباً معادل ۱,۰۰۰,۰۰۰ گالن بنزین و یا ۷۰۰,۰۰۰ گالن LNG)، هزینه ها برای یک جایگاه CNG، ۹۰۰ scfm با سه دیسپنسر و یک جایگاه

LCNG با سه دیسپنسر و سه پمپ فشار بالا به صورت زیر می باشد (شکل ۶). هزینه برق ۰/۲۸ دلار به ازاء هر کیلو وات ساعت در نظر گرفته شده و مالیات سوخت نیز در این شکل لحاظ نگردیده است.



شکل ۶- مقایسه هزینه جایگاه های CNG و LCNG

پارامترهای اقتصادی برای جایگاه های LCNG

برای مواقعی که گاز از طریق خط لوله مهیا نبوده، به گاز با فشار بالاتر از ۵۰ psi دسترسی وجود نداشته و یا گاز موجود در خط لوله دارای درصد زیادی آلودگی باشد، LNG تنها انتخاب مناسب است. اما در بسیاری موارد هر دو روش تولید CNG در سایت و ذخیره سازی LCNG در سایت نیز می توانند از انتخاب ها محسوب گردند. چهار پارامتر تعیین کننده اقتصاد جایگاه های LCNG در مقابل CNG عبارتند از: هزینه اولیه نصب جایگاه، هزینه LNG تحویل شده، هزینه های گاز خط لوله ای تحویل شده و هزینه های برق برای کارکرد کمپرسور CNG. این هزینه ها می تواند بسته به مکان از ۳۰ تا ۵۰ درصد تغییرات داشته باشد و هر ناوگان استفاده کننده بسته به وضعیت خاص خود نیاز به تحلیل اقتصادی مختص خود را دارد [7].

سه فاکتور عمده در هزینه ها، هزینه جایگاه، برق مصرفی و سوخت است. یک جایگاه بزرگ LCNG در مقایسه با CNG و برای ظرفیت ۱۸۰۰ scfm می تواند تقریباً ۲/۵ میلیون دلار در مقابل ۵ میلیون دلار، کمتر هزینه در برداشته باشد، تأثیر این هزینه کمتر جایگاه روی قیمت به ازاء هر ترم (واحد حرارتی) در حدود ۳ تا ۵ سنت برای زمانی که روی هزینه سوخت سرشکن شده و با زمان بازگشت دو تا سه ساله می باشد. هزینه برق مصرفی هم می تواند تأثیر بسزایی روی اقتصاد جایگاه داشته باشد. مقایسه هزینه ها در شکل ۴ براساس قیمت ۰/۲۸ دلار به ازاء هر کیلو وات ساعت است.

اقتصاد جایگاه به نحو چشمگیری با بالا رفتن هزینه برق تغییر می نماید. جهت مقایسه برای دو جایگاه با خروجی حرارتی ۱/۲ میلیون ترم ، مصرف برق کمپرسور های CNG با قدرت ۲۰۰ تا ۴۵۰ اسب بخار درمقایسه با پمپ های LCNG با قدرت ۳۰ تا ۵۰HP) و قیمت های بالاتر از ۲۸/۰ دلار به ازاء هر کیلو وات ساعت می تواند ۵ تا ۷ سنت به ازاء هر ترم به هزینه کل یک جایگاه CNG بیفزاید. آخرین پارامتر مهم مقایسه ای اقتصاد CNG در برابر LCNG، هزینه های سوخت است. در مثال شکل ۵ هزینه کل سوخت در جایگاه LCNG معادل این هزینه در جایگاه CNG است برای هنگامی که قیمت سوخت LNG تحویلی ۱۴ سنت بالاتر از قیمت تحویل به ازاء هر ترم گاز طبیعی باشد. در جدول ۲ جزئیات تأثیر به ازاء هر ترم هزینه، قیمت سوخت ملاحظه می گردد.

جدول ۲- تأثیر اختلاف قیمت سوخت بر هزینه (LNG درمقابل CNG)

اختلاف در هزینه به ازاء هر ترم	اختلاف دلاری LNG درمقابل CNG	قیمت LNG به ازاء هر گالن در برابر هزینه CNG به ازاء هر ترم (واحد حرارتی)
مزیت CNG دلار ۰/۰۰۷	دلار ۹۳,۰۰۰	سنت ۲۰+ LNG
مزیت CNG دلار ۰/۰۳۷	دلار ۴۵,۰۰۰	سنت ۱۷+ LNG
مزیت LCNG دلار ۰/۰۰۳	دلار (۳,۰۰۰-)	سنت ۱۴+ LNG
مزیت LCNG دلار ۰/۰۴۳	دلار (۵۱,۰۰۰-)	سنت ۱۱+ LNG
مزیت LCNG دلار ۰/۰۸۳	دلار (۹۹,۰۰۰-)	سنت ۸+ LNG
مزیت LCNG دلار ۰/۱۲۲	دلار (۱۴۷,۰۰۰-)	سنت ۵+ LNG

اگر چه جایگاه های LCNG با ظرفیت بالای ۶۰۰ scfm تقریباً همیشه از نظر هزینه در بین جایگاه های سوخت به میزان چندین سنت به ازاء هر ترم نسبت به سایر جایگاه ها مزیت دارند ولی هزینه های برق و سوخت بسیار متغیر بوده و منفعت برای مصرف کننده می تواند در CNG یا LCNG و با هر سائز جایگاهی می باشد.

مقایسه جایگاه های عرضه گاز طبیعی به خودروها از سایر جهات

همانگونه که بیان شد در ایستگاه های سوختگیری LCNG هم خودروهای LNG سوز و هم خودروهای CNG سوز می توانند سوختگیری نمایند. جایگاه CNG بر پایه کمپرسور بنا نهاده شده و یک جایگاه LCNG نیازمند یک پمپ کرایوژنیک و مخازن ذخیره LNG است. معمولاً جایگاه های CNG پایه گذاری شده بر مبنای کمپرسور هزینه سرمایه گذاری و عملیاتی بالا دارند. در مقایسه، جایگاه های LCNG نیاز به هزینه سرمایه گذاری بالا داشته اما هزینه های عملیاتی آن ها پایین می باشد. این امر تا حدودی به دلیل مخازن کرایوژنیک آنهاست. هزینه های عملیاتی نسبتاً پایین جایگاه های LCNG ناشی از توان مصرفی کمتر آنهاست. انرژی کمتری برای افزایش فشار LNG تا ۲۸ مگا پاسکال (۴۰۰۰ psi) لازم می باشد (این انرژی تقریباً یک هشتم انرژی مورد نیاز برای متراکم نمودن مقدار یکسان گاز با فشار مشابه است).

قیمت مخازن LNG ارتباط مستقیم با ظرفیت آنها دارد. به عنوان یک قاعده کلی برای مخازن بزرگ باید ظرفیت آنها را در فاکتور ۱۰ ضرب نمود. برای مثال قیمت یک مخزن ۵۳ متر مکعبی (۱۴۰۰۰ گالنی) حدوداً ۱۴۰٫۰۰۰ دلار است. مقایسه هزینه سرمایه گذاری و هزینه های عملیاتی این دو نوع جایگاه سوختگیری مشکل است، از آنجائیکه معمولاً هزینه های مایع ساز را در برنگرفته و قیمت کمپرسورها هنوز تحت مطالعه است. با این حال، مقایسه یک جایگاه LNG با ظرفیت ۵۳ متر مکعب (۱۴۰۰۰ گالن) با یک جایگاه CNG با ظرفیت ۲۸ متر مکعب استاندارد (۱۰۰۰ scfm) یک دید کلی در خصوص هزینه های زیر بنایی بدست می دهد. هزینه سرمایه گذاری یک جایگاه LCNG به ظرفیت ۱۰۰۰ فوت مکعب استاندارد (scfm) و ذخیره ۱۴۰۰۰ گالن LNG و مخازن آبشاری فشار بالا جهت ذخیره گاز، فقط اندکی کمتر از هزینه سرمایه گذاری یک جایگاه CNG با ظرفیت مشابه (از طریق یک کمپرسور) و مخازن آبشاری ذخیره است. فرض بر آن است که هر دو جایگاه به شبکه خطوط گاز دسترسی داشته و CNG را تحویل نمایند. صرفنظر از روش های مورد استفاده در تحلیل های مختلف، واضح است که در مورد ظرفیت های سوختگیری بالاتر، جایگاه های LCNG باید دوره برگشت سرمایه طولانی تری داشته باشند. هزینه سرمایه گذاری جایگاه های LCNG را می توان با جایگزینی تعدادی از مخازن ذخیره LNG با مایع سازهای کوچک کاهش داد [9].

مزایای استفاده از سیستم ها و جایگاه های LCNG

- مستقل از لوله کشی ها بوده و در هر محلی قابل نصب هستند.
- در بهترین حالت از لحاظ اقتصادی، کمپرسور های جایگاه CNG باید در محل لوله کشی با بیشترین فشار قرار گیرند (۱۰ بار یا بالاتر).
- دارای کانال ها و دودکش های ایمنی در مخازن ذخیره سازی هستند و سیستم ها مجزا و منفک نیستند.
- نیازی به هزینه برای منقطع شدن ندارد.

مقایسه جایگاه های LCNG و CNG از نظر تعمیر و نگهداری

الف : LCNG

- وجود یک پیستون به ازای هر ۳۰۰ تا ۴۰۰ scfm
- سیلندر و پیستون توسط یک نفر در مدت حدود ۳ ساعت قابل تعویض است.
- سیلندر و پیستون قابل ارسال برای تعمیرات است.
- مشکل خنک کاری یا آب خنک کننده وجود ندارد
- از بابت روانکاری جای نگرانی نیست .

ب - CNG

- وجود ۳ تا ۴ پیستون و سیلندر
- زمان تعمیرات ممکن است بین ۸ تا ۲۴ ساعت طول بکشد.

- 0 نیاز به تکنسین های فنی و ماهر دارد
- 0 مشکل خنک کاری وجود دارد
- 0 از بابت روانکاری نگرانی و مشکلات وجود دارد.
- 0 سرایت روغن آلوده به خودروها
- 0 لرزش و سروصدای زیاد

جایگاههای LCNG ، جایگاه های دو منظوره

تا این تاریخ ، دلیلی که بیشتر مصرف کنندگان جایگاه LCNG را انتخاب نموده اند این است که، این نوع جایگاه می تواند به آسانی طوری سازمان دهی شود که هر دو نوع خودرو های CNG و LNG سوز از آن سوختگیری کنند. با هزینه ای زیر ۱۵۰۰۰ ر ۱۵۰ دلار یک جایگاه LNG را می توان جهت سوختگیری خودرو ها با ظرفیت ۵۰ گالن در دقیقه ضمن افزودن امکانات لازم تجهیز نمود. ناوگان ترانزیتی افزودن تجهیزات LCNG را به جایگاه های LNG خود برای سوختگیری خودرو های سبک CNG سوز مدنظر قرار داده و آژانس های عمومی توجه و اهمیت دهی بیشتری به جایگاه های LCNG جهت سوختگیری کامیون ها ، خودرو های جاروبگر خیابانی و سایر خودرو های سنگین، در کنار سرویس دهی به ناوگان CNG سوز خود معطوف نموده اند.

زمان توجه به جایگاه های LCNG

در رابطه با ویژگیهای منحصر به فرد هزینه در هر سایت ، انتخاب دلایل قرص و محکمی برای این که چه زمانی یک جایگاه LCNG می تواند به عنوان یک حق انتخاب مناسب برای تولید CNG مورد توجه قرار گیرد وجود ندارد ولی شاخص هایی جهت تصمیم گیری در این زمینه موجود می باشد.

- 0 نیاز به گاز خروجی بیشتر از ۳۰۰ scfm.
- 0 هزینه بالای برق یا گاز طبیعی.
- 0 نیاز به زمان های سوختگیری کوتاه برای خودرو های بزرگ.
- 0 فشار گاز پایین تر از ۷۵ Psi در خط لوله .
- 0 امکان اضافه شدن خودروهای کوچک LNG سوز به ناوگان خودروها در آینده .
- 0 سرمایه محدود برای احداث جایگاه.

فرصت های تازه برای LCNG

زمانی که بسیاری از ناوگان های فعلی CNG سوز آغاز به کار کردند LNG زیاد مورد توجه و یا در دسترس قرار نداشت و جایگاههای LCNG در بازار به عنوان یک جایگزین مطرح نبود ولی رشد مصرف LNG در ناوگان خودروهای سنگین و ترانزیت سبب افزایش مهیا سازی LNG گشته است به نحوی که برای مثال امروزه LNG در اکثر نواحی پایتخت کشور آمریکا یافت می شود. اگر چه جایگاه های LCNG در همه موارد راه حل اصلی نیستند ولی می توانند برای بسیاری از ناوگان خودروها کم هزینه ترین حق انتخاب باشند [10].

بحث و نتیجه گیری در خصوص جایگاه های LCNG

با توجه به آنچه گفته شد می توان نتیجه گرفت که :

- ثبات و خلوص سوخت تحویلی این جایگاه نسبت به جایگاه های CNG بیشتر می باشد. در این صورت تغییرات عملکرد موتورهایی که با سوخت تحویلی توسط آنها بحرکت در می آیند و هزینه تعمیر و نگهداری آن ها کمتر خواهد شد.
- عملیات و پروسه نصب و راه اندازی این جایگاه سریع تر صورت می گیرد.
- هزینه آماده سازی و کار با این نوع از جایگاهها کمتر است.
- این نوع از جایگاه ها نیازمند منابع LNG و قراردادهای حمل و نقل در فواصل / با هزینه های متعارف و منطقی هستند.
- این سیستم با کمترین زحمت و تلاش ، برای به روز نمودن و ارتقای خودرو های LNG سوز سنگین مناسب بوده و انعطاف پذیری بالا دارد .
- افزایش ظرفیت جایگاه های LCNG با حداقل تلاش امکان پذیر است.

فهرست منابع و ماخذ:

- [1]- Czachorski, M., Blazek, C., Kina, R., "LNG – CNG Lubricating Oil Delivery System", GRI-97/0387, 1997.
- [2]- Douglas B. Horne , Liquefied Natural Gas (LNG) Training , by Clean Vehicle Education Foundation , 2006.
- [3]-"TCRP Report 38" , Guidebook for Evaluating, Selecting, and Implementing Fuel Choices for Transit Bus Operations , Transportation Research Board , National Research Council , 1998.
- [4]- Chandler K., Gifford M., Carpenter B., "2002, Resource Guide for Heavy-Duty LNG Vehicles, Infrastructure and Support Operations", Gas Research Institute and Brookhaven National Laboratory, GRI-02/0105, 2002.
- [5]- Weathering of LNG in On-Board Storage Tanks, GRI-99/0185, 1999.
- [6]- "The Effects of LNG Weathering of Fuel Composition and Vehicle Management Techniques", SAE Paper -952607, 1995.
- [7]- "LNG Weather Effects-Theoretical and Empirical", GRI-92/0464, 1992.
- [8]- Bartlett, S., "LNG equipment manager", ALT-USA. Personal communication with R. Remillard, ARCADIS Geraghty & Miller, 1998.
- [9]- "Introduction to LNG Vehicle Safety", GRI 992/0465. Gas Research Institute, Chicago.
- [10]- ARCADIS Geraghty & Miller , "The CNG fueling facility and maintenance facility cost estimates"