

تبدیل گاز طبیعی به مایع (GTL)؛ مروری بر تکنولوژی، پروژه‌ها، اقتصاد و آینده

محمدصادق عظیمی فر*، شرکت نفت فلات قاره ایران ■ امیرحسین باقری بایگی، شرکت سرمایه‌گذاری نفت و گاز و پتروشیمی
تأمین (تایکو)

چکیده

یکی از فناوری‌هایی که جهت تولید مایعات هیدروکربنی از گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فناوری تبدیل گاز به مایعات یا GTL می‌باشد. مجموع ظرفیت تولید GTL جهان در سال ۲۰۱۷ قریب به ۲۵۰ هزار بشکه در روز بوده است که ۷۰ درصد آن مربوط به کشور قطر می‌باشد. براساس برآورد سازمان اطلاعات انرژی آمریکا (EIA)، این ظرفیت تا سال ۲۰۲۱ به ۲۷۰ هزار بشکه در روز افزایش خواهد یافت. واحدهای GTL نسبت به LNG ارزش افزوده بیشتری ایجاد می‌کنند و با توجه به رقابت بین فناوری GTL با پالایشگاه‌های نفتی، آینده آن شدیداً به قیمت نفت خام وابسته می‌باشد. بر اساس مرور تکنولوژی و معرفی مجتمع‌ها و طرح‌های فعال GTL در دنیا و بررسی اقتصاد و امکان‌سنجی بهره‌گیری از این فناوری در ایران و با توجه به عواملی همچون تحریم‌های بین‌المللی، محدودیت‌های صادراتی، عدم نیاز بازار داخلی به فرآورده‌های حاصل از این فناوری و نیز پیچیدگی‌های تکنولوژیکی، تردیدهایی در خصوص توسعه فناوری GTL در ایران وجود دارد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۱/۲۴

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۲/۰۴

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۳/۱۴

واژگان کلیدی:

گاز طبیعی، مایعات هیدروکربنی، تبدیل گاز طبیعی به مایع، امکان‌سنجی

مقدمه

تولید محصولات هیدروکربنی مایع از گاز طبیعی استفاده می‌گردد. این فناوری در جنگ جهانی دوم، به سبب کمبود منابع سوختی توسط آلمان توسعه داده شد. در این روش در ابتدا از گاز طبیعی، گاز سنتز تولید می‌شود. گاز سنتز طبق واکنش‌های فیشر-تراپش^۱ به هیدروکربن‌های مختلف تبدیل شده و نهایتاً این هیدروکربن‌ها در فرآیند هیدروکراکینگ و ایزومریزاسیون به محصولات نفتی مختلف چون گاز مایع^۲، نفتا، نفت سفید، گازوئیل و پارافین تبدیل می‌شوند. مایعات تولید شده در فناوری GTL به دلیل نداشتن ترکیبات آروماتیکی و نفتیکی و نیز پایین بودن درصد گوگرد از منظر مسائل زیست‌محیطی، نسبت به مایعات تولیدی در پالایشگاه‌های نفتی دارای سازگاری بهتری هستند، لیکن به علت دانسیته پایین از کیفیت سوخت و روغنکاری کمتری برخوردارند [۱].

در حال حاضر شرکت‌های مختلفی در حوزه تبدیل گاز به مایع در مقیاس بزرگ فعال هستند که مهم‌ترین آنها شرکت‌های ساسول و شل می‌باشند. شرکت ساسول تجربیات زیادی در زمینه تبدیل زغال‌سنگ به سوخت‌های هیدروکربنی (CTL)^۳ داشته و فرآیند GTL این شرکت بر مبنای همین فرآیند CTL طراحی شده است، با این تفاوت که واحد تولیدکننده گاز سنتز آن تغییر یافته تا بتواند گاز طبیعی را به گاز سنتز تبدیل نماید. فرآیند GTL شرکت شل، SMDS^۵ نام دارد و نسبت به فرآیند شرکت ساسول، طراحی آن به گونه‌ای است که نفت سفید مرغوب‌تر و گازوئیل بیشتری تولید می‌کند [۲].

۲- پروژه‌های اجرا شده و در حال اجرای GTL در جهان

مجموع ظرفیت تولید GTL جهان در سال ۲۰۱۷ قریب به ۲۵۰ هزار بشکه در روز می‌باشد که ۷۰ درصد از آن در کشور قطر احداث

هیدروکربن‌ها کماکان نخستین منبع مصرف انرژی جهان هستند و در این میان گاز طبیعی به‌عنوان پاک‌ترین هیدروکربن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نقش مهمی در تأمین انرژی آینده جهان ایفا خواهد نمود. از طرفی، فراوانی منابع گاز جهان و پایین بودن هزینه توسعه این منابع، فرصت مناسبی را برای کشورهای دارای این منبع ارزشمند فراهم نموده است.

کشورهای دارای منابع گازی نه تنها در صدد ایجاد بیشترین ارزش افزوده از گاز هستند، بلکه با پیشرفت فناوری به دنبال افزایش حوزه کاربرد و تنوع بهره‌گیری از گاز به‌ویژه به‌عنوان سوخت مایع می‌باشند. گزینه‌های متنوعی اعم از انتقال و فروش گاز با خط لوله، فشرده‌سازی و انتقال گاز به صورت CNG، مایع‌سازی و انتقال گاز به صورت LNG و تبدیل گاز به مایع با استفاده از فرآیند GTL جهت ایجاد ارزش افزوده از گاز طبیعی تولیدی در دسترس است که با توجه به پارامترهای تصمیمی چون حجم، مسافت، هزینه سرمایه‌گذاری، قیمت گاز و قیمت نفت خام، قابلیت امکان‌سنجی و تصمیم‌گیری را برای کشورهای دارای منابع گازی فراهم آورده است.

فناوری تبدیل گاز طبیعی به مایع (GTL) که به دلیل کمبود منابع سوخت مایع توسط آلمان در جنگ جهانی دوم توسعه قابل توجهی پیدا کرد، امروزه در سراسر جهان با ظرفیت قریب به ۲۵۰ هزار بشکه در روز در حال فعالیت و بهره‌برداری است. مجتمع‌های GTL از نظر بازار با پالایشگاه‌های نفتی در رقابت هستند و توسعه آن به وضعیت این پالایشگاه‌ها بستگی دارد. در این مقاله پس از مرور تکنولوژی، طرح‌ها و اقتصاد GTL، به بررسی آینده و امکان‌پذیری پیاده‌سازی این فناوری در ایران پرداخته خواهد شد.

۱- تکنولوژی GTL

تبدیل گاز به مایع یا GTL^۱، یکی از فناوری‌هایی است که در جهت

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (msazimifar@gmail.com)

۲۰۲۱ واحد دیگری راه‌اندازی نگردد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری اشاره شده در جدول ۱- تخمینی توسط EIA می‌باشد و پیش‌بینی می‌گردد هزینه‌های سرمایه‌گذاری واقعی برای راه‌اندازی واحدهای GTL، به حدود ۱۸ تا ۲۲ میلیارد دلار رسیده باشد.

۳- اقتصاد GTL

طرح‌های GTL و LNG در کشورهای صاحب ذخایر و صادرکننده گاز، طرح‌های رقیب و جایگزین یکدیگر تلقی می‌شوند، چرا که این کشورها به دنبال ایجاد بازار و تقاضا برای منابع گازی خود می‌باشند که در این راستا هر دو فناوری مذکور از قابلیت‌های لازم برخوردار هستند. این نکته حائز اهمیت است که GTL از نظر مصرف و تقاضا با LNG رقیب نبوده بلکه با پالایشگاه‌های نفتی رقابت می‌کند و تحلیل بازار آن باید در مقایسه با پالایشگاه‌های نفتی صورت پذیرد. محصولات فرآیند GTL نسبت به فرآورده‌های پالایشگاه‌های نفتی تنوع کمتر و کیفیت

شده است. براساس برآورد سازمان اطلاعات انرژی آمریکا (EIA)، این ظرفیت تا سال ۲۰۲۱ به ۲۷۰ هزار بشکه در روز افزایش خواهد یافت. همچنین بررسی واحدهای احداث شده GTL بیانگر آن است که کشورهای به سمت استفاده از GTL روی آورده‌اند که یا از منابع غنی نفت بی‌بهره بوده و یا ذخایر بالای گاز بدون بازار مشخص داشته‌اند و برای تنوع در محصولات و سهولت بازاریابی، احداث مجتمع‌های GTL را در دستور کار قرار داده‌اند. برای نمونه کشور قطر به منظور تنوع بخشی در سبد محصولات گازی خود، در کنار LNG^۲ دو کارخانه GTL به ظرفیت‌های ۳۴ هزار و ۱۴۰ هزار بشکه در روز با همکاری شرکت‌های ساسول و شل راه‌اندازی نموده است که در این زمینه بزرگ‌ترین بهره‌بردار GTL در دنیا به‌شمار می‌رود. شکل ۱- نشان‌دهنده تاریخچه صنعت GTL و جدول ۱- شامل اطلاعات مهم‌ترین واحدهای GTL با مقیاس بزرگ در جهان می‌باشد [۳]. آخرین واحد GTL با مقیاس بزرگ در دنیا، در سال ۲۰۱۴ راه‌اندازی شده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال

۱ | واحدهای GTL با مقیاس بزرگ در جهان

ردیف	نام تأسیسات	کشور	وضعیت	اپراتور	سال آغاز بهره‌برداری	ظرفیت (بشکه در روز)	سرمایه‌گذاری (میلیون دلار)
۱	Bintulu	مالزی	بهره‌برداری	شل	۱۹۹۳	۱۲,۰۰۰	۱,۵۰۰
۲	Sasolburg	آفریقای جنوبی	بهره‌برداری	ساسول	۱۹۹۴	۵,۶۰۰	NA
۳	Bintulu	مالزی	بهره‌برداری	شل	۲۰۰۶	۲,۷۰۰	NA
۴	Oryx	قطر	بهره‌برداری	شل / شورون	۲۰۰۶	۳۴,۰۰۰	۱,۵۰۰
۵	Pearl	قطر	بهره‌برداری	شل	۲۰۱۱	۱۴۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰
۶	Escravos	نیجریه	بهره‌برداری	شورون / ساسول	۲۰۱۴	۳۴,۰۰۰	۱۰,۰۰۰
۷	St Charles	آمریکا	کناره‌گیری ساسول از پروژه	ساسول	NA	۹۶,۰۰۰	۱۴,۰۰۰
۸	Uzbekistan GTL	ازبکستان	در حال ساخت	ساسول / پتروناس	۲۰۲۱	۲۶,۰۰۰	۵,۶۰۰

تاریخچه فرآیند GTL



۱ | تاریخچه فرآیند و توسعه فناوری GTL

پایین تر و هزینه سرمایه گذاری و بهره‌برداری بالاتری است و به عبارت دیگر، تکنولوژی GTL گران است، ولی ارزش افزوده بیشتری نسبت به آن ایجاد می‌نماید [۴]. مطابق ارزیابی‌های اقتصادی صورت گرفته توسط شرکت Hatch در سال ۲۰۱۱ (شکل-۲)، مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در اقتصاد GTL به ترتیب اهمیت شامل قیمت نفت خام، قیمت گاز و هزینه سرمایه‌گذاری می‌باشد [۵]. براساس مطالعات Nexant در سال ۲۰۱۶، محصولات GTL در قیمت نفت پایین‌تر از ۷۰ دلار توان رقابت با محصولات پالایشگاه‌های نفتی را ندارند و در قیمت حدود ۱۰۰ دلار بسیار رقابت پذیر می‌باشند [۶].

۴- آینده GTL

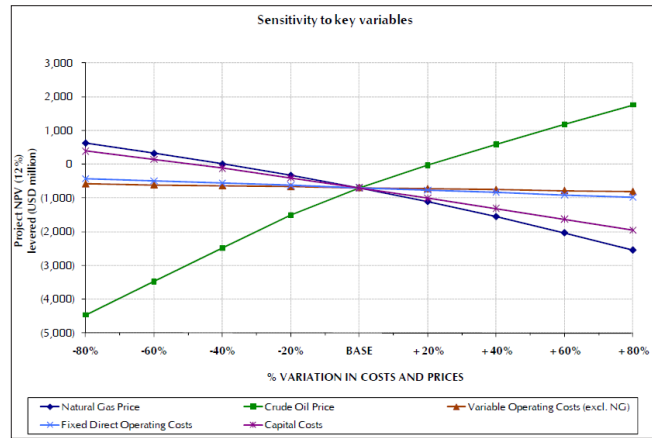
با توجه به تأثیرپذیری شدید اقتصاد GTL از قیمت نفت و اقتصادی نبودن آن در قیمت‌های پایین نفت، EIA در سال ۲۰۱۷، سه سناریو برای آینده این صنعت متصور شده است. براساس سه سناریوی قیمتی که EIA برای نفت خام در نظر گرفته (شکل-۳)، این دپارتمان پیش‌بینی کرده است در صورت تحقق سناریوی قیمت بالای نفت، تا سال ۲۰۴۰ ظرفیت GTL با افزایش زیادی روبه‌رو گشته و تا ۱/۱ میلیون بشکه در روز خواهد رسید. همچنین در صورت تحقق سناریوی مینا، ظرفیت این واحدها تا ۴۰۰ هزار بشکه در روز افزایش می‌یابد و در صورت وقوع سناریوی قیمت پایین نفت، ظرفیت واحدهای GTL در حدود ۲۷۰ هزار بشکه در روز باقی خواهد ماند [۷]. مطابق این پیش‌بینی، Mini-GTL ها در آینده رشد قابل توجهی کرده ولی حجم آنها کم خواهد بود.

به دلیل عدم صرفه اقتصادی و قیمت پایین نفت، شرکت ساسول به عنوان یکی از پیشتازان تکنولوژی GTL در سال ۲۰۱۷ تصمیم گرفت از پروژه‌های GTL در سراسر جهان (خاصه پروژه آمریکا) خارج شود [۸]. پیش‌بینی می‌شود در صورت افزایش و تثبیت قیمت نفت در حدود ۷۰ تا ۸۰ دلار، کشورهایی مانند قطر و ترکمنستان به توسعه ظرفیت‌های GTL بپردازند. همچنین با افزایش قیمت نفت به حدود ۱۰۰ دلار در هر بشکه، برآورد می‌شود کشورهایی همچون روسیه و آمریکا نیز به توسعه ظرفیت‌های GTL خود بپردازند [۶].

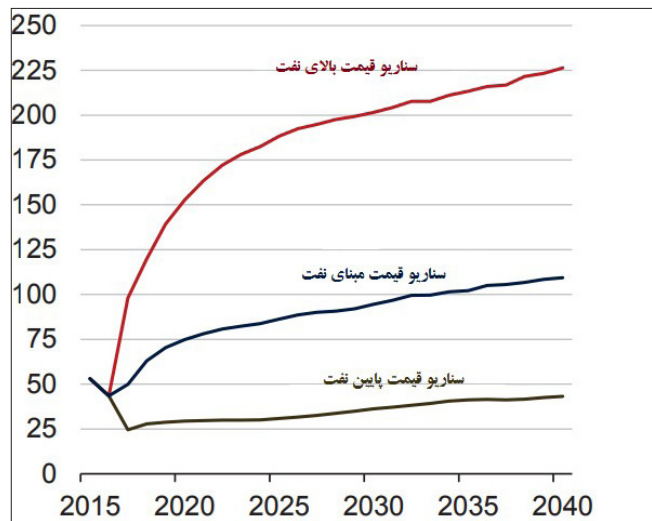
۵- Mini-GTL

ظرفیت بهره‌برداری از کارخانه‌های GTL فعال دنیا بین ۵/۶ تا ۱۴۰ هزار بشکه در روز می‌باشد که با توجه به هزینه سرمایه‌گذاری بالا و وابستگی آنها به قیمت نفت و گاز، برخی شرکت‌ها به سمت توسعه Mini-GTL ها روی آورده‌اند. این نوع واحدهای GTL دارای کانال‌های با قطر کمتر از ۱ میلی‌متر و ابعاد کوچک و قابل حمل هستند و با توجه به قطر کوچک کانال‌ها، امکان انتقال مناسب‌تر گرما و فشار را برای حجم کمتر خوراک و ورودی فراهم نموده و نیازمند هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری می‌باشند. تکنولوژی Mini-GTL توسط شرکت‌های مختلفی

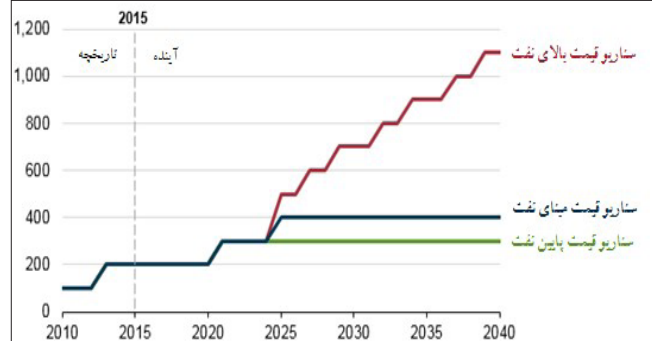
پایین‌تری دارند ولی به دلیل نداشتن سولفور و ترکیبات آروماتیک از سازگاری بیشتری با محیط زیست برخوردار هستند. اگرچه فناوری GTL نسبت به LNG دارای پیچیدگی بیشتر، بازدهی



شکل ۲ | تحلیل حساسیت ارزش خالص فعلی (IRR = ۱۲٪) یک پروژه GTL به فرض قیمت نفت مینا ۸۰ دلار [۵]



شکل ۳ | سناریوهای مختلف قیمت نفت در سال‌های آتی (دلار بر بشکه) [۷]



شکل ۴ | پیش‌بینی EIA از روند تولید GTL جهان تا سال ۲۰۴۰ (هزار بشکه در روز) [۷]

شده‌اند.
۲. با روند افزایشی کنونی قیمت نفت و با رسیدن آن به ۱۰۰ دلار بر بشکه، می‌توان GTL را به‌عنوان یکی از گزینه‌های توسعه زنجیره ارزش گاز در ایران مدنظر قرار داد، ولی با توجه به شرایط تحریم‌های بین‌المللی، وجود محدودیت‌های صادراتی، عدم‌نیاز بازار داخلی به فرآورده‌های حاصل از این فناوری و نیز پیچیدگی‌های تکنولوژیکی، به صرفه بودن توسعه این فناوری محل تردید است.
۳. با توجه به حجم بالا و پراکندگی گازهای مشعل در ایران، Mini-GTL ها به‌دلیل هزینه سرمایه‌گذاری پایین، سوددهی مناسب و قابلیت جابه‌جایی، گزینه مناسبی برای جمع‌آوری و تبدیل گازهای همراه میدین نفت کشور می‌باشد. ولی به موجب عدم توسعه تجاری گسترده این فناوری در دنیا و محدودیت‌های بین‌المللی دسترسی به آن در کشور، استفاده از این گزینه به آسانی میسر نبوده و نیازمند بررسی و حمایت می‌باشد. ■

برای ظرفیت‌های زیر ۵۰۰۰ بشکه در روز توسعه داده شده‌اند که به دلیل قابلیت حمل و ظرفیت کم، بیشتر معطوف به استفاده از گازهای مشعل و یا گاز شیلی هستند. جدول ۲- شامل اطلاعات مهم‌ترین تأسیسات mini-GTL دنیا می‌باشد [۹].

نتیجه‌گیری

۱. اگرچه GTL نسبت به انتقال و فروش گاز با خط لوله و LNG امکان ارزش‌آفرینی بیشتر از گاز را فراهم می‌کند ولی با توجه به رقابت محصولات تولیدی آن با پالایشگاه‌های نفتی، به‌دلیل تنوع محصولات کمتر، تأثیرپذیری شدید از قیمت نفت و گاز و نیز هزینه سرمایه‌گذاری بالاتر نسبت به پالایشگاه‌های نفتی، توسعه آن در دنیا با محدودیت همراه است و از این رو با کاهش قیمت نفت به زیر ۷۰ دلار بر بشکه و رقابت‌پذیر نبودن آن با پالایشگاه‌های نفتی، پروژه‌های GTL در سراسر دنیا با توقف و یا محدودیت‌هایی روبه‌رو

جدول ۲ | مهم‌ترین طرح‌های اقتصادی Mini-GTL در دنیا

ردیف	نام تأسیسات	موقعیت	تکنولوژی	ظرفیت	منبع خوراک گازی	سرمایه‌گذاری (میلیون دلار)
۱	ENVIA Energy	اوکلاهاما	Velocys	۷۰۰ (بشکه در روز)	Landfill gas	NA
۲	GREYROCK 1	آمریکا	DFP-GreyCat	۱۰۰۰ (بشکه در روز)	Shale gas, ~10MMscfd	NA
۳	JUNIPER GTL	لونیویانا	SGC Energia XTLH	۱۱۰۰ (بشکه در روز)	Shale gas, ~11MMscfd	100
۴	COMPACTGTL	قزاقستان	CompactGTL	۲۵۰۰ (بشکه در روز)	Flare gas, ~25MMscfd	275
۵	PRIMUS 1	مارسلوس	+STG	۱۶۰ (تن در روز) / متانول	Shale gas, ~5MMscfd	~50?
۶	PRIMUS 2	آلبرتا	+STG	۱۶۰ (تن در روز) / متانول	Shale gas, ~5MMscfd	~50?

پانویس‌ها

1. Gas To Liquids
2. Fischer-Tropsch
3. Liquefied Petroleum Gas (LPG)
4. Coal to Liquids
5. Shell Middle Distillate Synthesis
6. U.S. Energy Information Administration (EIA)
7. Liquefied Natural Gas

منابع

- [1] نفت و گاز؛ پیدایش - پالایش، دکتر منوچهر نیک‌آذر، مهندس کامران کی‌نژاد، انتشارات علوم کاربردی، ۱۳۹۱.
- [2] Gas to Liquids: Historical Development and Future Prospects, Olga Glebova, November 2013, The Oxford Institute for Energy Studies.
- [3] Gas-To-Liquid (GTL) Technology Assessment, EIA, 2013.
- [4] GTL or LNG: Which is the best way to monetize "stranded" natural gas?, Dong Lichun, et al., Pet.Sci. (2008) 5:388394-.
- [5] Gas-to-Liquids Economics Feasibility study-Final report, Hatch, 2011.
- [6] Prospective for Non-Crude Liquids, Nexant Ltd and E4tech (UK) Ltd, October 2017.
- [7] Global gas-to-liquids growth is dominated by two projects in South Africa and Uzbekistan, EIA, OCTOBER 4, 2017.
- [8] Sasol goes cold on converting gas and coal to liquids, Financial Times, September - 2017.
- [9] MINI-GTL TECHNOLOGY BULLETIN, Volume 3, February 2017, World Bank GGFR.