
	AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE
	C.R. CASACCIA
	DIREZIONE INFRASTRUTTURE E SERVIZI – UFFICIO TECNICO

tipo di documento:


RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

oggetto:

<p>PROGETTO “POWER TO GAS” – F26</p> <p>INSTALLAZIONE DI CONTAINER PREFABBRICATI: ELETTROLIZZATORE E METANATORE NEI PRESSI DELL' EDIFICIO F26 DEL CENTRO DI RICERCA ENEA CASACCIA</p>	
Commessa n°:	2021_ F26_01_
Elaborato n°:	2021_F26_01_-rIOE02_0
Nome file:	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
Data di Redazione	12/12/2021
Dipartimento	TERIN
Responsabile del progetto di Ricerca	Ing. Stefano Giammartini

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

1	Premessa	3
2	Norme di riferimento	3
3	Elettrolizzatore	4
3.1	Componenti.....	4
4	Metanatore	5
4.1	Componenti.....	6
5	Layout di progetto.....	7

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

1 Premessa

Nel contesto delle attività della Ricerca di Sistema Elettrico (2019-2021) si è dato avvio alla procedura di acquisizione di un sistema Power to Gas costituito da un sistema cointanerizzato di produzione di idrogeno basato sull'elettrolisi dell'acqua (**elettrolizzatore**) e da un secondo sistema, anch'esso containerizzato che alloggia la sezione di idrogenazione catalitica dell'anidride carbonica in metano sintetico (**metanatore**). L'insieme è alloggiato all'interno di due container metallici ISO20, facilmente movimentabili e adatti al trasporto su diverse tipologie di mezzi, con dimensioni a terra approssimative pari a 6 x 2,4 metri cadauno.

L'ambito in cui ricadono le attività di progetto, realizzazione e sperimentazione del processo di produzione di idrogeno e metano è quello dello studio e dimostrazione delle tecnologie Power to Gas relative al Work Package 3 – Linea di Attività 3.4 Power-to-Gas: progettazione, studi modellistici di componenti, avvio della realizzazione di un prototipo PtG. Il **sistema elettrolizzatore** in un impianto power to gas è un componente essenziale sia per il suo interfacciamento con la rete elettrica che per la funzione di produzione dell'idrogeno. Il **sistema di metanazione** a valle completa la dotazione consentendo la trasformazione dei reagenti idrogeno e anidride carbonica in metano di sintesi.


L'idrogeno è da sempre utilizzato per una vasta gamma di applicazioni industriali nei più svariati settori come per esempio sintesi chimica, elettronica, metallurgia e alimentare. In tempi recenti l'idrogeno è stato impiegato anche come combustibile ecologico nei trasporti e nel riscaldamento, e attualmente sta prendendo sempre più piede il suo utilizzo come vettore e sistema di accumulo di energia pulita.

Gli elettrolizzatori a partire dall'energia elettrica e dall'acqua producono idrogeno e ossigeno perfettamente separati fra loro per dissociazione elettrolitica della molecola dell'acqua. L'idrogeno e l'ossigeno sono prodotti all'interno della cella elettrolitica direttamente alla pressione richiesta e sono mantenuti separati in modo assolutamente sicuro da speciali membrane.

I due gas sono convogliati attraverso condotti diversi ai separatori di condensa dall'acqua, dove vengono anche raffreddati e deumidificati prima di essere utilizzati. Gli elettrolizzatori di questo tipo possono funzionare con una rangeability tra il 20 e il 100% della capacità nominale di progetto, fino ad un funzionamento in sovraccarico fino al 150%. Questa finestra operativa li rende una buona scelta per sistemi Power to Gas che sono accoppiati con energia proveniente da fonti rinnovabili spesso intermittenti e fluttuanti.

2 Norme di riferimento

- 2004/108/CE compatibilità elettromagnetica,
- 2006/42/CE direttiva macchine,
- EN60204-1 sicurezza dell'equipaggiamento elettrico,
- 97/23/CE direttiva PED, ATEX 94/9/CE, marcatura CE,
- Direttiva 2014/68/UE (PED);
- Direttiva 2014/34/UE (ATEX);
- Direttiva 2014/35/UE (Bassa Tensione);
- Direttiva 2014/35/UE (Compatibilità Elettromagnetica);
- CEI EN 60204 -1; IEC 60439-1.
- D.lgs n. 81 del 9/04/2008-in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro,
- N.T.C. 2018 norme tecniche per le costruzioni del 17/01/2018

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

3 Elettrolizzatore

Il **generatore** in dotazione, **produce gas idrogeno ed ossigeno** realizzando un processo elettrolitico di dissociazione dell'acqua. La molecola dell'acqua, si scinde in idrogeno ed ossigeno gassosi secondo la seguente reazione stechiometrica:



La suddetta reazione si svolge in soluzione acquosa fortemente basica e produce sempre due volumi di idrogeno ed un volume di ossigeno. Il processo ha inizio dalle celle elettrolitiche (formate ciascuna da un elevato numero di celle elementari), dove si sviluppano i due gas menzionati, successivamente vengono attraversati dei serbatoi di separazione, contenenti il fluido bifasico (liquido+gas), quindi il circuito del processo continua passando in altri serbatoi (recuperi condensa) per una ulteriore separazione dei fluidi. Per essiccare al meglio il gas prodotto, viene fatto passare in uno scambiatore di calore che lo raffredda facendo condensare altra umidità contenuta e rendendo così il gas più secco. Dopo questa fase i gas attraversano dei sistemi di bilanciamento delle pressioni interne, necessari in quanto essendo i due gas prodotti in volumi diversi, avremmo immediatamente uno squilibrio di pressioni nei serbatoi dei due lati gas. Uno scambiatore di calore si rende necessario anche per raffreddare la soluzione elettrolitica, in quanto il processo di elettrolisi descritto libera una notevole quantità di calore che dovrà essere dissipato. Altri dispositivi a valle, realizzano una sorta di bilanciamento automatico dei gas, che permette l'utilizzo anche parziale o nullo di uno dei due gas prodotti, convogliandone la parte non utilizzata all'atmosfera. Il processo brevemente descritto sopra è totalmente controllato da un controllore PLC, che rende il funzionamento completamente automatico.

Il sistema è inoltre dotato di un'unità aggiuntiva di purificazione ed essiccazione dell'idrogeno prodotto tale da soddisfare i requisiti di purezza dell'idrogeno pari al 99,9999% con un contenuto di ossigeno residuo ≤ 5.0 ppm e un dew point del gas $\leq -65^\circ\text{C}$. Un serbatoio di accumulo da 500 litri fa da buffer all'intero sistema. La portata di ossigeno nominale è nell'ordine di 1,4-2 Nm³/h. Se non utilizzata sarà ventata in atmosfera. Un demineralizzatore d'acqua produce a partire dall'acqua di rete la necessaria quantità di acqua demineralizzata (max 3,4 litri/h con $S = 5\mu\text{S}/\text{cm}$) che sarà inviata all'elettrolizzatore. L'ammontare dell'acqua residua dalla filtrazione è minimo (pari a qualche % dell'acqua demi prodotta) e prodotto in maniera discontinua.


3.1 Componenti

Riassumendo la sezione di generazione dell'idrogeno è composta da un elettrolizzatore di tipologia alcalina e dai suoi ausiliari assemblati in un container prefabbricato ISO20 così costituito:

- N° 1 Generatore on-site per la produzione di IDROGENO mod. Mercury Advance G-6 H01
- N° 1 Depuratore/purificatore per idrogeno mod. DPH6 - 12,5 bar
- N° 1 Demineralizzatore acqua mod. OSMODEMI
- N° 1 Serbatoio accumulo idrogeno da litri 500
- N° 1 Back pressure valve

Le caratteristiche tecnico/costruttive principali dell'elettrolizzatore sono date da:

- Trasformatore di isolamento
- Equilibratore gas H₂/O₂ in acciaio INOX

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

- Piping interno e raccorderia, in acciaio INOX
- Sistema di controllo e interfaccia basato su PLC ABB
- Cella elettrolitica ATEX
- Quadri di controllo dell'impianto conformi alla Direttiva Industria 4.0
- Connessione ethernet industriale per il data logging delle variabili di processo dell'intero sistema
- Connessione ethernet industriale per l'invio di messaggi e-mail indicanti Warning e Shutdown
- Box prefabbricato ISO20 con Gas detector per la rivelazione fughe di gas idrogeno

L'elettrolizzatore ha le seguenti caratteristiche:

Portata massima in uscita per ogni generatore: 4.0 Nmc/h

Pressione massima di esercizio impianto: 12.5 bar(g)

O₂ contenuto nell'idrogeno prodotto < = 0.7 % volume

Dew point gas H₂: temperatura ambiente

Sistema trattamento ed essiccamento gas

La tabella successiva riporta i limiti di batteria e le principali caratteristiche.

Limiti di batteria CONTAINER ELETTROLIZZATORE			
A	Alimentazione elettrica	400VAC 50Hz 3F+N 25kW 50A curva D	Cavo 3x16mmq+N+T
A	Connessione rete dati	Connessione Ethernet	RJ45
B	Acqua di rete	Consumo max 13 litri/h	Pressione 2÷4 barg
C	Azoto inertizzazione	Consumo max 0.5m ³ /h, purezza 99.5%	Pressione 2÷5 barg
D	Aria compressa	Consumo max 2m ³ /h	Pressione 5÷8 barg

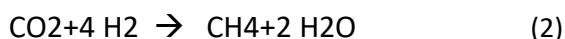
Tabella 1 - Limiti di batteria CONTAINER ELETTROLIZZATORE

Il componente è alloggiato in un container ISO 20' BOX lunghezza 6058, larghezza , H 2591 mm. L'operatività è garantita in automatico e tutte le operazioni vengono eseguite in remoto.


La fornitura è conforme alle normative europee:

4 Metanatore

La sezione a valle è quella relativa alla reazione di metanazione termocatalitica. Essa completa il sistema con la produzione di metano sintetico. Nella fattispecie il processo globale può essere identificato come Power to Methane, processo attraverso il quale, una volta ottenuto l'idrogeno attraverso elettrolisi dell'acqua lo si fa reagire con l'anidride carbonica ottenendo metano e acqua secondo la reazione di Sabatier:



Al fine di operare la reazione sopra descritta verrà prelevata l'anidride carbonica da un apposito recipiente in pressione alloggiato esternamente. Tipicamente lo stoccaggio sarà costituito da una bombola con accumulo in forma liquida (50 litri a circa 50 bar). A valle delle opportune operazioni di riduzione e vaporizzazione, nel reattore di metanazione converranno i flussi di idrogeno e anidride carbonica regolati nelle dovute proporzioni dai controllori di portata al fine di far avvenire la reazione di Sabatier e produrre metano.

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

Prima di entrare nel reattore di metanazione, la miscela dei reagenti viene riscaldata mediante un riscaldatore elettrico a una temperatura di circa 300°C. All'uscita i gas reagenti vengono miscelati con una corrente di vapore, prodotta da un generatore di vapore istantaneo alimentato elettricamente. Il reattore tubolare, costruito in AISI 316, è del tipo a letto fisso raffreddato diviso in 3 sezioni: due di reazione e una di raffreddamento. Il reattore è del tipo coibentato e dotato di un mantello esterno in cui circola olio diatermico per consentire la rimozione del calore di reazione e il riscaldamento in fase di avviamento e di carico parziale. La reazione è attuata attraverso l'uso di catalizzatori supportati su pellet di allumina ed ha luogo in un intervallo tipico di temperature compreso tra i 250°C ed i 400 °C.

Considerando la portata esigua dei gas prodotti e la bassa quantità di calore generata dalla reazione si è ritenuto non necessaria la presenza di uno scambiatore ad aria. La miscela di prodotti in uscita dal reattore è, quindi, raffreddata inizialmente con un tubo alettato che disperde il calore nell'ambiente. A valle di una valvola di regolazione della pressione (che regola la pressione dell'impianto, mantenendola ai valori di processo) i gas prodotti in uscita dal reattore vengono inviati all'analitica di processo che è collegata al sistema di controllo.


L'impianto sarà dotato di tutti i dispositivi necessari per garantire la corretta operatività e sicurezza, in accordo con la normativa vigente. Il sistema è nel complesso flessibile e robusto rispetto alle condizioni operative. Il concetto di design dell'intero sistema consentirà il completo spegnimento automatico del processo in caso di perdite di gas pericolosi o in caso di guasti elettrici e operazioni intermittenti.

4.1 Componenti

Riassumendo la sezione di conversione dell'idrogeno e dell'anidride carbonica in metano sintetico è composta da un reattore catalitico e dai suoi ausiliari assemblati in un container prefabbricato ISO20 così costituito:

- N° 1 Reattore monotubo per l'idrogenazione catalitica della CO₂, costruito in AISI 316. Diametro interno: 2" . Altezza: 1500-3000 mm. Pressione massima di esercizio: 10 bar. Pressione di progetto: 15 bar. Temperatura massima di esercizio: 400 °C. Temperatura di progetto: 480°C.
- N° 1 Riscaldatore elettrico miscela in ingresso al reattore, per riscaldare i reagenti fino a 350°C.
- N° 1 Serbatoio per l'alimentazione di una portata costante di acqua demi al generatore di vapore.
- N° 1 Generatore di vapore, per produrre vapore fino a 300°C con portata fino a un massimo di 5 kg/h.
- N° 1 Scambiatore di calore per la separazione della condensa dalla miscela di prodotti in uscita.
- N° 1 Scaricatore di condensa per la separazione dell'acqua condensata. Volume: 5l. T progetto: 100°C.
- N° 1 Filtro assorbente per essiccare i prodotti, prima del sistema di analisi atmosferica.
- N° 2 Raffreddatori olio diatermico.
- N° 2 Riscaldatori elettrici olio diatermico, utilizzati nelle fasi di start-up.
- N° 2 Pompe olio diatermico, per la pressurizzazione del circuito e il ricircolo dell'olio.
- N° 1 Vaso di Espansione, per compensare le espansioni termiche nel collettore ad alta temperatura.

Il sistema sarà inoltre dotato di un PLC per la regolazione, il controllo e la registrazione dei parametri di processo (misura di portata per ciascun gas in ingresso al miscelatore, misura di temperatura e pressione dopo la miscelazione dei gas di alimentazione; misure di temperatura a valle del riscaldatore elettrico, misura di portata dell'acqua in ingresso al generatore di vapore, misure di pressione e temperatura del vapore in uscita dal generatore; misura della temperatura in sette punti del letto catalitico del reattore; misura della pressione differenziale del reattore; misura della temperatura in ingresso e in uscita al reattore; misura della temperatura in ingresso e in uscita al condensatore; misura

	PROGETTO “POWER TO GAS” – F26 Installazione di container prefabbricati: Elettrolizzatore e Metanatore nei pressi dell' edificio F26 del centro di ricerca ENEA Casaccia
	<i>Relazione Tecnica Descrittiva</i>

e regolazione di pressione a valle del separatore di condensa; campionamento della fase gassosa a valle della sezione di condensazione- separazione).

Il metanatore ha le seguenti caratteristiche:

Portata massima in uscita: 1.0 Nmc/h

Pressione massima di esercizio impianto: 10 bar(g)

Sistema trattamento ed essiccamento gas prodotto

La tabella successiva riporta i limiti di batteria e le principali caratteristiche.

Limiti di batteria CONTAINER METANATORE			
A	Alimentazione elettrica	400VAC 50Hz 3F+N 25kW 50A curva D	Cavo 3x16mmq+N+T
A	Connessione rete dati*	Connessione Ethernet	RJ45
B	Ingresso acqua di rete	Consumo max 5 litri/h	Pressione 2÷4 barg
C	Ingresso Azoto	Consumo max 5 Nm ³ /h	Pressione 8÷10 barg
D	Ingresso Aria	Consumo max 1 Nm ³ /h	Pressione 5÷8 barg
E	Ingresso Idrogeno	Consumo max 4 Nm ³ /h	Pressione 8÷10 barg
F	Ingresso An. carbonica	Consumo max 1 Nm ³ /h	Pressione 8÷10 barg
G	Ingresso Metano	Consumo max 1 Nm ³ /h	Pressione 8÷10 barg
H	Uscita gas effluenti	Flusso max 1 Nm ³ /h	Pressione atmosferica
I	Uscita acqua condensata	Flusso max 2 litri/h	Pressione atmosferica

Tabella 2 - Limiti di batteria CONTAINER METANATORE

* “Linea Internet” installazione di almeno una linea di traffico dati Internet, abilitata per la connessione di almeno 1 Mbps di upload (preferibilmente 2 Mbps o superiore) e almeno 6 Mbps di download.

Il componente è alloggiato in un container ISO 20' BOX lunghezza 6058, larghezza 2440, H 2591 mm. L’operatività è garantita in automatico e tutte le operazioni vengono eseguite in remoto.

5 Layout di progetto

Entrambi i container saranno installati nel rispetto delle prescrizioni di sicurezza, su un basamento già esistente nel centro di ricerca ENEA Casaccia in prossimità dell’edificio F26.

L’attuale basamento ha una superficie pari a 72 mq circa sufficienti ad accogliere i due container, sarà prevista un intervento di ripristino localizzato finalizzato a rendere la superficie uniforme ed omogenea. Relativamente agli allacci previsti alla rete del centro sarà previsto pozzetto di raccordo al cavidotto che sarà realizzato fino alla cabina elettrica di media tensione presente nell’edificio C35 in prossimità del sito di installazione dei container. Il pozzetto sarà caratterizzato da un setto di separazione per le linee cavi della rete elettrica e della rete dati. I container, inoltre, saranno serviti dall’aria compressa e dalla rete idrica del centro mediante collegamenti interrati dedicati.

Si rimanda agli elaborati grafici per il dettaglio di layout.