

System i sposób magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla oraz wodorze

Przedmiotem wynalazku jest system i sposób magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla oraz wodorze, mający zastosowanie w energetyce do magazynowania energii umożliwiającego bilansowanie systemów elektroenergetycznych.

Dla budowy systemów w skali przemysłowej zgodnie z przedmiotem wynalazku wymagany jest dostęp do dużych przestrzeni magazynowych, najkorzystniej stanowiących zbiorniki podziemne, które pozwolą na okresowe składowanie dwutlenku węgla przy ciśnieniu wyższym od ciśnienia atmosferycznego, a równocześnie takim, którego oddziaływanie na strukturę rezerwuaru nie naruszy jej integralności.

Magazynowanie energii polega na okresowym zagospodarowaniu energii elektrycznej wytwarzanej w nadmiarze do potrzeb, w ramach systemu elektroenergetycznego, celem podniesienia potencjału energetycznego materiałów, płynów lub mechanizmów z możliwością przeprowadzenia konwersji w ten sposób zmagazynowanej energii ponownie na energię elektryczną, najkorzystniej w okresie znamionym zwiększonym zapotrzebowaniem na energię w systemie elektroenergetycznym.

Rozróżnia się mechaniczne, elektrochemiczne, chemiczne, cieplne oraz elektryczne metody magazynowania energii. Wśród technologii przewidzianych dla systemów wielkoskalowych dominują rozwiązania wykorzystujące metody chemiczne oraz mechaniczne. Najszerzej rozpowszechnioną na świecie technologią magazynowania energii jest technologia elektrowni szczytowo-pompowych, wykorzystująca mechaniczną metodę magazynowania energii w postaci energii potencjalnej słupa wody. Proces magazynowania energii elektrycznej oraz ponowna konwersja do energii elektrycznej wymaga wykorzystania tutaj dwóch zbiorników wodnych, pompy napędzanej silnikiem elektrycznym oraz turbiny wodnej współpracującej z generatorem energii elektrycznej. Reprezentantem metod mechanicznych jest również technologia magazynowania energii w sprężonym powietrzu, która obecnie jest rozwijana przez wiele podmiotów na całym świecie, a która wymaga zastosowania zbiornika ciśnieniowego dla magazynowania powietrza, zespołu sprężarki powietrza oraz zespołu ekspandera. Wśród technologii stosujących konwersję chemiczną

wyróżnić możemy technologię, gdzie energia elektryczna podlega w procesie elektrolizy pośredniej konwersji w energię chemiczną wodoru. Ponowne uzyskanie energii elektrycznej wymaga tutaj zastosowanie ogniw paliwowych lub też silników cieplnych napędzających generatory energii elektrycznej. Opcją może być dodatkowa konwersja chemiczna wodoru do metanu, co wymaga prowadzenia procesu metanizacji, np. przy udziale dwutlenku węgla, co może umożliwiać utylizację dwutlenku węgla emitowanego w przemyśle.

Systemy magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla są analizowane w literaturze przedmiotu. Magazynowanie energii w tego typu systemach jest prowadzone w podobny sposób jak ma to miejsce w przypadku klasycznych systemów magazynowania energii w sprężonym powietrzu (CAES). Idea działania systemu znana jest z tzw. patentu Stal Laval z 1949 roku. W przypadku systemów CAES jako nośnik energii wykorzystywane jest powietrze atmosferyczne, które na etapie ładowania jest sprężane przez sprężarkę napędzaną silnikiem elektrycznym. Powietrze sprężone gromadzone jest w zbiorniku ciśnieniowym i następnie, na etapie rozładowywania systemu, wysokociśnieniowy gaz jest podgrzewany i rozprężany w ekspanderze napędzającym generator energii elektrycznej. W zależności od sposobu doprowadzenia ciepła do gazu podlegającego procesowi ekspansji rozróżnia się systemy diabatyiczne, gdzie w atmosferze wysokociśnieniowego powietrza spalane jest paliwo gazowe, systemy adiabatyiczne, gdzie ciepło przekazywane powietrzu stanowi ciepło wcześniej zmagazynowane; przejęte od powietrza podlegającego procesowi sprężania oraz systemy izotermiczne, gdzie podgrzew rozprężanego powietrza ma miejsce na drodze wymiany ciepła z otoczeniem w ramach wymienników międzysekcyjnych ekspandera. Dużą zaletą systemów magazynowania energii w sprężonym powietrzu jest to, że jako nośnik energii wykorzystywany jest gaz powszechnie dostępny, którego naturalnym rezerwuarem jest atmosfera ziemna. Wadą rozwiązania jest niska gęstość nośnika energii po sprężeniu, nawet do bardzo wysokich ciśnień, co przy aplikacjach ukierunkowanych na wysokie pojemności magazynowe wymaga stosowania bardzo dużych, wysokociśnieniowych zbiorników. Niedogodnością jest, że procesowi sprężania powietrza do wysokich ciśnień towarzyszy wysoki przyrost temperatur, co wymaga stosowania sprężarek z międzysekcyjnym chłodzeniem. System magazynowania energii w sprężonym powietrzu jest znany z amerykańskiego opisu patentowego US7389644. Aktualnie na świecie pracują dwa duże systemy tego typu – Huntorf w Niemczech oraz McIntosh w Alabamie. Podstawowym aktualnie problemem dla popularyzacji systemów magazynowania energii w

sprężonym powietrzu w wielu regionach świata jest brak potencjału dla organizacji wielkogabarytowych zbiorników umożliwiających magazynowanie powietrza przy wysokich ciśnieniach. Systemy magazynowania energii z wykorzystaniem jako nośnika energii dwutlenku węgla w stanie gazowym (podkrytycznym lub nadkrytycznym) oraz stanie ciekłym były analizowane w literaturze przedmiotu (Chaychizadeh F., i in., *Stochastic dynamic simulation of a novel hybrid thermal-compressed carbon dioxide energy storage system (T-CCES) integrated with a wind farm*. Energy Conversion and Management 2018;166:500–511, oraz Wang M., i in., *Performance analysis of energy storage system based on liquid carbon dioxide with different configurations*. Energy 2015;93:1931-1942, jak również Zhang J., i in., *Performance analysis of a compressed liquid carbon dioxide energy storage system*. Energy Procedia 2018;152:168-173, oraz Xu M., i in., *Thermodynamic analysis of a novel liquid carbon dioxide energy storage system and comparison to a liquid air energy storage system*. Journal of Cleaner Production 2020;242:118437). W każdym przypadku systemy zakładają wykorzystywanie dwóch zbiorników magazynowych, tj. zbiornika wysokociśnieniowego oraz zbiornika niskociśnieniowego, co jest wymagane z uwagi na potrzebę zamknięcia w pętli procesowej wykorzystywanego nośnika energii.

W znanych rozwiązaniach systemów stosuje się zasobniki ciepła, które odzyskiwane jest na etapie sprężania gazu oraz również zasobniki chłodu. W ramach takich zasobników jako materiał akumulacyjny proponuje się wykorzystywanie ciał stałych, materiałów zmiennofazowych lub płynów. Podstawową wadą systemów prezentowanych w literaturze jest stosunkowo niewielka energetyczna pojemność systemów magazynowania energii w odniesieniu do wymaganej objętości zbiorników ciśnieniowych. Rozwiązaniem umożliwiającym zwiększenie pojemności magazynowej, bez potrzeby adaptowania zbiorników ciśnieniowych o odpowiednio większych kubaturach jest hybrydyzacja ukierunkowana na integrację systemów magazynowania w sprężonych gazach z systemami magazynowania energii wykorzystującymi proces elektrolizy wody oraz metanizacji. Prezentowanym w literaturze przykładem takiego systemu hybrydowego jest system integrujący system magazynowania energii w sprężonym powietrzu oraz system magazynowania energii w wodorze poddawany dodatkowo konwersji do syntetycznego gazu ziemnego (Bartela Ł., *A hybrid energy storage system using compressed air and hydrogen as the energy carrier*. Energy 2020;196:117088).

Celem wynalazku jest wysokoefektywne magazynowanie energii elektrycznej z wykorzystaniem szczelnego zbiornika podziemnego o dużej objętości, ale niewielkich

możliwościach przeniesienia naprężeń ciśnieniowych oraz umożliwienie prowadzenia utylizacji dwutlenku węgla.

System magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla oraz wodorze charakteryzuje się tym, że zbudowany jest ze zbiornika wysokociśnieniowego, zbiornika niskociśnieniowego, pomiędzy którymi zabudowany jest zasobnik ciepła układu sprężania połączony z podstawową sprężarką jednoosekcyjną dwutlenku węgla napędzaną silnikiem elektrycznym i równolegle do niej zlokalizowanym ekspanderem dwutlenku węgla układu sprężania napędzającym generator energii elektrycznej oraz zasobnik ciepła układu metanizacji umieszczony pomiędzy zbiornikiem wysokociśnieniowym, a ekspanderem dwutlenku węgla układu metanizacji, napędzającym generator energii elektrycznej, przy czym zasobnik ciepła układu metanizacji zabudowany jest z wymiennikiem ciepła reaktora metanizacji oraz dmuchawą w zamkniętej pętli dwutlenku węgla, a generator wodoru połączony jest rurociągiem ze zbiornikiem wody z zabudowanymi pomiędzy nimi pompą oraz stacją uzdatniania wody, oraz rurociągami ze zbiornikiem wodoru, który poprzez zawór regulacyjny połączony jest z reaktorem metanizacji, oraz zbiornikiem tlenu, który przez zawór regulacyjno-odcinający połączony jest z komorą spalania, z kolei ta połączona jest przez zawór regulacyjno-odcinający ze zbiornikiem metanu, a ten połączony jest z reaktorem metanizacji przez rurociąg z zabudowaną sprężarką metanu napędzaną silnikiem elektrycznym, przy czym komora spalania połączona jest z ekspanderem spalinowym napędzającym generator energii elektrycznej, przy czym na jego wylocie na rurociągu zabudowana jest przeponowa chłodnica spalin oraz separator wilgoci, połączony rurociągiem wodnym za pomocą pompy ze zbiornikiem wody oraz rurociągiem gazowym z kolektorem rozprężonego dwutlenku węgla, do którego przyłączone są ekspandery połączone pośrednio przez chłodnicę rozprężonego dwutlenku węgla ze zbiornikiem niskociśnieniowym dwutlenku węgla.

Korzystnie system magazynowania energii wynalazku ma komorę spalania połączoną przez sprężarkę recyrkulowanego dwutlenku węgla, napędzaną silnikiem elektrycznym, ze zbiornikiem niskociśnieniowym.

Korzystnie system magazynowania energii wynalazku ma reaktor metanizacji, który jest połączony przez sprężarkę dwutlenku węgla układu metanizacji, napędzaną silnikiem elektrycznym, ze zbiornikiem niskociśnieniowym.

Korzystnie system magazynowania energii wynalazku ma zbiornik wysokociśnieniowy połączony rurociągiem przez przeponową chłodnicę spalin z ekspanderem dwutlenku węgla układu spalinowego, napędzającego generator energii elektrycznej.

Korzystnie system magazynowania energii wynalazku ma na rurociągu łączącym zbiornik wysokociśnieniowy ze zbiornikiem niskociśnieniowym, równoległe w stosunku do zasobnika ciepła układu sprężania oraz do podstawowej sprężarki jednosekcyjnej dwutlenku węgla, zabudowaną sprężarkę wielosekcyjną dwutlenku węgla z chłodzeniem międzysekcyjnym, napędzana silnikiem elektrycznym

Korzystnie system magazynowania energii wynalazku ma zbiornik wysokociśnieniowy dwutlenku węgla, zbiornik niskociśnieniowy dwutlenku węgla, zbiornik wody, zbiornik tlenu oraz zbiornik metanu, które wyposażone są w króćce z zaworami.

Sposób magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla oraz wodorze polega na tym, że na etapie ładowania systemu magazynowania energii dwutlenek węgla ze zbiornika niskociśnieniowego dwutlenku węgla poprzez bajpas chłodnicy rozprężonego dwutlenku węgla kierowany jest do podstawowej sprężarki jednosekcyjnej dwutlenku węgla, napędzanej silnikiem elektrycznym, następnie sprężony gaz kierowany jest do zasobnika ciepła układu sprężania, gdzie oddaje ciepło materiałowi akumulacyjnemu i po wychłodzeniu trafia do zbiornika wysokociśnieniowego dwutlenku węgla, gdzie jest magazynowany do rozpoczęcia etapu rozładowywania systemu magazynowania energii, przy czym na etapie ładowania systemu magazynowania energia elektryczna wykorzystywana jest do zasilania generatora wodoru produkującego wodór oraz tlen gromadzony w ciśnieniowych zbiornikach wodoru oraz tlenu, przy czym zbiornik wodoru jest zbiornikiem buforowym, z którego wodór, na każdym etapie pracy systemu, kierowany jest do reaktora metanizacji, gdzie w procesie metanizacji, przy udziale dwutlenku węgla pobieranego ze zbiornika niskociśnieniowego i sprężanego przez sprężarkę dwutlenku węgla układu metanizacji, napędzaną silnikiem elektrycznym, wytwarzany jest metan, który po sprężeniu w sprężarce metanu, napędzanej silnikiem elektrycznym, magazynowany jest w zbiorniku metanu, przy czym ciepło generowane w procesie metanizacji przekazywane jest przez przeponę wymiennika ciepła układu metanizacji do dwutlenku węgla, który na etapie rozładowywania kierowany jest bezpośrednio ze zbiornika wysokociśnieniowego do ekspandera dwutlenku węgla układu metanizacji, napędzającego generator energii elektrycznej lub poza tym etapem cyrkuluje dzięki pracy dmuchawy zasobnika ciepła układu metanizacji pomiędzy

wymiennikiem ciepła układu metanizacji, a zasobnikiem ciepła układu metanizacji, oddając ciepło materiałowi akumulacyjnemu, przy czym zakumulowane ciepło na etapie rozładowywania systemu jest przekazywane do strumienia dwutlenku węgla kierowanego ze zbiornika wysokociśnieniowego dwutlenku węgla do ekspandera dwutlenku węgla układu metanizacji, na etapie rozładowywania systemu metan ze zbiornika metanu kierowany jest do komory spalania, gdzie ulega stechiometrycznemu spalaniu w atmosferze mieszaniny tlenu pobieranego ze zbiornika tlenu oraz dwutlenku węgla pobieranego ze zbiornika niskociśnieniowego i sprężonego w sprężarce recykulowanego dwutlenku węgla, napędzanej silnikiem elektrycznym, uzyskane wysokotemperaturowe spaliny kierowane są do ekspandera spalinowego, napędzającego generator energii elektrycznej, a następnie po rozprężeniu do chłodnicy spalin, gdzie ciepło spalin oddawane jest dwutlenkowi węgla kierowanemu ze zbiornika wysokociśnieniowego do ekspandera dwutlenku węgla układu spalinowego, napędzającego generator energii elektrycznej, wychłodzone spaliny kierowane są do separatora wilgoci, z którego skropliny, poprzez pompę układu separacji wilgoci kierowane są do zbiornika wody, a dwutlenek węgla kierowany jest do kolektora dwutlenku węgla, do którego kierowany jest również dwutlenek węgla po rozprężeniu w ekspanderze dwutlenku węgla układu metanizacji i ekspanderze dwutlenku węgla układu spalinowego oraz ekspanderze dwutlenku węgla układu sprężania, napędzającego generator energii elektrycznej układu sprężania, który zasilany jest dwutlenkiem węgla pobranym ze zbiornika wysokociśnieniowego i podgrzanym na drodze odbioru ciepła od materiału akumulacyjnego zasobnika ciepła układu sprężania, przy czym rozprężony dwutlenek węgla z kolektora kierowany jest do chłodnicy rozprężonego dwutlenku węgla, skąd po wychłodzeniu kierowany jest dla zmagazynowania w zbiorniku niskociśnieniowym.

Korzystnie sposób magazynowania energii według wynalazku polega na tym, że na etapie ładowania systemu magazynowania energii ilość dwutlenku węgla, jaka na etapie rozładowywania systemu magazynowania energii trafia ze zbiornika wysokociśnieniowego do ekspandera dwutlenku węgla układu metanizacji i ekspandera dwutlenku węgla układu spalinowego, kierowana jest ze zbiornika niskociśnieniowego do zbiornika wysokociśnieniowego przez sprężarkę wielosekcyjną dwutlenku węgla, napędzaną silnikiem elektrycznym, z pominięciem podstawowej sprężarki jednosekcyjnej dwutlenku węgla oraz zasobnika ciepła układu sprężania.

Korzystnie sposób magazynowania energii według wynalazku polega na tym, że w systemie pobocznie w stosunku do procesu magazynowania energii prowadzi się proces

utylicacji dwutlenku węgla, który doprowadzany jest do systemu przez króćce z zaworami odcinającymi, zamontowanymi w wysokociśnieniowym zbiorniku dwutlenku węgla oraz niskociśnieniowym zbiorniku dwutlenku węgla, przy czym metan oraz tlen, produkowane w nadmiarze w stosunku do potrzeb ekspandera spalinowego, wyprowadzane są z systemu do zewnętrznych odbiorców przez króćce z zaworami zabudowane w zbiorniku metanu oraz w zbiorniku tlenu, a woda doprowadzana jest do systemu przez króciec z zaworem w zbiorniku wody.

Wynalazek bliżej objaśniono w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat systemu magazynowania energii w sprężonym dwutlenku węgla oraz wodorze.

W skład systemu wchodzi dwa szczelne zbiorniki ciśnieniowe dla magazynowania dwutlenku węgla, zbiornik wysokociśnieniowy (1), zbiornik niskociśnieniowy (2), przy czym zbiornik niskociśnieniowy (2), w przypadku aplikacji przemysłowych jest zbiornikiem wielokubaturowym, mogącym stanowić kawernę solną lub poeksploatacyjne wyrobisko kopalniane. W obu zbiornikach dwutlenek węgla magazynowany jest w stanie gazowym. Etap ładowania systemu magazynowania energii polega na tym, że dwutlenek węgla zgromadzony w zbiorniku niskociśnieniowym (2) przepływa bajpasem chłodnicy rozprężonego dwutlenku węgla (13) do dwóch sprężarek dwutlenku węgla, tj. pierwszej – podstawowej sprężarki jednosekcyjnej dwutlenku węgla (5) oraz drugiej – sprężarki wielosekcyjnej dwutlenku węgla (36). Sprężarki są napędzane odpowiednio silnikiem elektrycznymi zespołu podstawowej sprężarki dwutlenku węgla (6) oraz silnikiem elektrycznym sprężarki wielosekcyjnej dwutlenku węgla (37), wykorzystującymi energię elektryczną pobieraną z systemu elektroenergetycznego, na potrzeby którego pracuje system magazynowania energii. Po sprężeniu w podstawowej sprężarce jednosekcyjnej dwutlenek węgla (5) o temperaturze mogącej dochodzić do poziomu 600°C kierowany jest do zaizolowanego termicznie zasobnika ciepła układu sprężania (3), w którym gaz na drodze przekazywania ciepła materiałowi akumulacyjnemu jest chłodzony. W przypadku sprężarki wielosekcyjnej dwutlenku węgla (36) realizowane jest chłodzenie sprężanego dwutlenku węgla w chłodnicach zabudowanych między sekcjami sprężarki oraz na wylocie ze sprężarki, dzięki czemu wartość wskaźnika jednostkowego pracy tej sprężarki jest niższa od wartości tego wskaźnika właściwej dla sprężarki jednosekcyjnej dwutlenku węgla (5). Strumienie sprężonego dwutlenku węgla po schłodzeniu do temperatur w zakresie 40-50°C są wprowadzane do zbiornika wysokociśnieniowego (1) i tam magazynowane do momentu rozpoczęcia etapu rozładowywania systemu magazynowania energii. Na etapie ładowania,

oprócz sprężarek dwutlenku węgla, w systemie pracuje generator wodoru (17), w którym dzięki procesowi elektrolizy wody uzyskiwany jest wodór oraz tlen. Generator wodoru (17), również zasilany jest energią elektryczną pobieraną ze źródła zewnętrznego. Do generatora wodoru (17) doprowadzana jest woda przygotowana w stacji uzdatniania wody (16), wcześniej pobrana ze zbiornika wody (14) dzięki pracy pompy układu generacji wodoru (15). Produkty procesu elektrolizy gromadzone są w dwóch zbiornikach, przy czym wodór magazynowany jest w zbiorniku wodoru (18), z którego w pełnym cyklu pracy systemu magazynowania energii pobierany jest do procesu metanizacji realizowanego w reaktorze metanizacji (20), z kolei tlen magazynowany jest w zbiorniku tlenu (19). Do reaktora metanizacji (20), prócz wodoru, doprowadzany jest dwutlenek węgla, który pobierany jest z niskociśnieniowego zbiornika dwutlenku węgla (2) i zgodnie z potrzebami sprężany jest przez sprężarkę dwutlenku węgla układu metanizacji (33), która napędzana jest silnikiem elektrycznym (34). Proces metanizacji jest procesem egzotermicznym. Ciepło z procesu jest wyprowadzane przez wymiennik ciepła układu metanizacji (21) na drodze podgrzewu dwutlenku węgla, który poza etapem rozładowywania systemu magazynowania energii krąży w pętli pomiędzy wymiennikiem ciepła, a zasobnikiem ciepła układu metanizacji (4), podgrzewając materiał akumulacyjny zasobnika. Transport dwutlenku węgla realizowany jest dzięki pracy dmuchawy zasobnika ciepła układu metanizacji (35), zabudowanej w pętli rurociągu na wlocie do wymiennika ciepła układu metanizacji (21). Uzyskiwany w reaktorze metanizacji metan jest sprężany sprężarką metanu (22), napędzaną silnikiem elektrycznym zespołu sprężarki (23), po czym jest magazynowany w zbiorniku metanu (24). Na etapie rozładowywania systemu magazynowania energii podstawowa sprężarka jednosekcyjna dwutlenku węgla (5), sprężarka wielosekcyjna dwutlenku węgla (36) oraz generator wodoru (17) nie pracują. Na tym etapie sprężony dwutlenek węgla opuszcza zbiornik wysokociśnieniowy (1), przy czym strumień dzielony jest na cztery strumienie. Jeden ze strumieni kierowany jest do zasobnika ciepła układu sprężania (3), gdzie przejmuje ciepło od materiału akumulacyjnego, po czym dwutlenek węgla trafia do ekspandera dwutlenku węgla układu sprężania (7), w którym wykonuje pracę. Ekspander napędza generator energii elektrycznej układu sprężania (8). Drugi strumień dwutlenku węgla kierowany jest do przeponowej chłodnicy spalin (28), gdzie jest podgrzewany, po czym jako wysokotemperaturowy wprowadzany jest do ekspandera dwutlenku węgla układu spalinowego (11), który dzięki wykonanej przez dwutlenek węgla pracy napędza generator energii elektrycznej układu spalinowego (12). Dwa pozostałe strumienie dwutlenku węgla,

nim zasila ekspander dwutlenku węgla układu metanizacji (9), napędzający generator energii elektrycznej układu metanizacji (10), wcześniej odbierają ciepło chłodzenia procesu metanizacji, przy czym jeden ze strumieni odbiera ciepło bezpośrednio w wymienniku ciepła układu metanizacji (21), natomiast drugi odbiera ciepło od materiału akumulacyjnego, przepływając przez zasobnik ciepła układu metanizacji (4). Strumienie dwutlenku węgla rozprężonego w ekspanderach (7), (9), (11) łączą się w kolektorze. Na etapie rozładowywania systemu magazynowania energii opróżniany jest również zbiornik metanu (24), z którego paliwo gazowe kierowane jest do komory spalania (25), do której doprowadzany jest również tlen ze zbiornika tlenu (19) oraz dwutlenek węgla ze zbiornika niskociśnieniowego (2), po sprężeniu w sprężarce recyrkulowanego dwutlenku węgla (31), napędzanej silnikiem elektrycznym (32). Wysokotemperaturowe gazy spalinowe, najkorzystniej uzyskane w procesie stechiometrycznego spalania (mieszanina dwutlenku węgla oraz pary wodnej), kierowane są do ekspandera spalinowego (26), napędzającego generator energii elektrycznej (27). Po rozprężeniu spaliny kierowane są do chłodnicy spalin (28) oddając ciepło dwutlenkowi węgla, po czym trafiają do separatora wilgoci (29), gdzie separowana jest skondensowana para wodna. Odseparowany kondensat poprzez pompę układu separacji wilgoci (30) kierowany jest do zbiornika wody (14), natomiast dwutlenek węgla kierowany jest do kolektora, z którego dwutlenek węgla, łącznie z dwutlenkiem węgla rozprężonym w ekspanderach (7), (9), (11), kierowany jest do chłodnicy rozprężonego dwutlenku węgla (13), gdzie gaz jest chłodzony do temperatury w zakresie 30-40 °C, po czym jest kierowany do zbiornika niskociśnieniowego (2). System umożliwia prowadzenie procesu utylizacji dwutlenku węgla kierowanego do systemu magazynowania energii ze źródeł zewnętrznych, takich jak na przykład systemy separacji dwutlenku węgla z gazów spalinowych generowanych w systemach produkcji energii elektrycznej. W tym wypadku dwutlenek węgla mający podlegać utylizacji, w zależności od ciśnienia, jest doprowadzany do systemu króćcem zabudowanym w zbiorniku wysokociśnieniowym (1) lub niskociśnieniowym (2). Do systemu, poprzez króćce zabudowane w zbiorniku wody (14) doprowadzana jest dodatkowa ilość wody. Utylizacja dwutlenku węgla ma miejsce w ramach procesu metanizacji, czego produktem jest dodatkowo uzyskana ilość metanu, który opuszcza system króćcem zabudowanym w zbiorniku metanu (24). Powstający w nadmiarze tlen opuszcza system króćcem zabudowanym w zbiorniku tlenu (19).

Rzeczniczka Patentowy

mgr inż. Katarzyna Szarkowy

