

Nap-, és szélenergiával hajtott földgáz üzemű erőművek

Gázmotor és gázturbina alapú, zéró CO₂ kibocsátású, szintetikus földgázt előállító P2G technológia, amely maga az aFRR szabályozási kapacitás is

Hujber Ottó, okl. villamosmérnök, otto.hujber@coopinter.hu

Kivonat:

A P2G technológia jelentősége, többek között, abban van, hogy a fölös időjárásfüggő megújuló energiákat (a nap-, és a szélenergiát) valamint a mélyvölgyi nukleáris energiát, metánná alakítva, képes azt szezonálisan tárolni, a gyakorlatilag korlátlan kapacitású földgáz hálózatban.

A jelen eljárás egyik további előnye, hogy minimális CAPEX mellett, külön OPEX ráfordítás nélkül, az elektromos vízbontók melléktermékeként jelentkező oxigén felhasználásával, állítja elő a P2G technológiák számára szükséges tiszta széndioxidot.

Ez a technológia a keletkezése helyén és idejében szünteti meg az erőművek gázturbinái, gázmotorjai, széndioxid kibocsátását, abból megújuló karbonmentes szintetikus földgázt állítva elő.

Az új P2G technológia bemeneti eleme a karbonmentes villamos energia, kimeneti eleme pedig a gázmotor, gázturbina által előállított villamos- és hőenergia.

Ez az eljárás **a hiányzó technológiai láncszem**: oly módon oldja meg a nap és szélenergia energia-mixben való nagy volumenű hasznosítását, hogy azzal nem korlátozza a már működő földgázfogyasztó berendezések üzemét, nem az üzemelő gázmotorok és gázturbinák kárára történik a megújuló energiák villamoshálózati befogadása. Ez a megoldás 100%-os aFRR kiegyenlítő szabályozási kapacitást nyújt a villamoshálózat számára, megújuló energia alapú üzembről, szükség esetén, hagyományos földgáz- üzemre való automatikus áttéréssel.

Ez a körforgásos üzemű P2G technológia egyben virtuális szezonális energiatárolás is: a nyári napenergiával kiváltott földgáz a földgáztárolóban marad, téli felhasználásra. Ezzel megtakaríthatjuk a metanizátorban keletkező metán földgáz-tárolóba való besajtolásának jelentős energia-igényét, valamint a földgáz-tárolóhoz- és onnan a felhasználás helyszínére való szállításának a költségét is.

Kulcsszavak:

Power to Gas, P2G, gázturbina, gázmotor, szezonális energiatárolás, aFRR, kiegyenlítő szabályozási kapacitás, vízbontó, hidrogén, oxigén, oxy-fuel, CO₂, metanizátor,

1. Bevezetés

Korunk nagy kihívása a dekarbonozáció és ennek kapcsán, a megújuló energiák-, azon belül a nap-, és szélenergia a jelenleginél sokkal nagyobb mértékű hasznosítása. Ezen célok megvalósítását támogatja az import földgáz megújuló energiákkal való, minél nagyobb részbeni kiváltásának [1] az igénye is. Az időjárásfüggő megújuló energiák egyre növekvő aránya azonban komoly kihívások elé állítja a villamos-energia hálózatok üzemeltetőit.

A döntéshozók, a nap-, és szélenergia befogadását további szabályozókapacitások biztosításához kénytelenek kötni, lásd pl. a 2022-ben megjelent magyar szabályozást, miszerint az új napelemek üzembehelyezését, illetve hálózati csatlakozását 30%-os nagyságú aFRR szabályozó kapacitás biztosítása mellett [2] engedélyezik csak.

Különbéle megoldások ismertek az aFRR kapacitások megteremtésére, illetve biztosítására. Ezek alapja általában új generáló kapacitások-, és/vagy jelentős tárolókapacitások létesítése. Ezt a cél szolgálják

például a gyors-reagálású gázturbinás szabályozó erőművek és a nagy kapacitású kémiai akkumulátorok.

Ezek jól bevált, klasszikus megoldások, amelyekkel kapcsolatosan a nagy beruházásigény mellett problémaként merül fel ezen berendezések természetesen nagyon alacsony kihasználtsági foka.

Az alapvető probléma abban van, hogy minden ismeretes szabályozási tartalék-rendszerre vonatkozó megoldás szétválasztja a villamoshálózati problémát okozó időjárásfüggő nap-, és szélenergia befogadásának módját és az azok kimaradásából adódó hálózati probléma megoldását, így nem marad más megoldás, mint kis kihasználtságú tartalékkapacitások képzése.

A jelen tanulmány célja, hogy olyan megoldást ismertessen, amely ezt a problémát külön aFRR szabályozási tartalékok létesítése nélkül, oly módon oldja meg, hogy magát a problémát alakítja át annak megoldásává.

Ha megváltoztatjuk a nap-, és szélenergia jelenlegi felhasználási módját, akkor a probléma könnyen megoldható: ha a nap-, és szélenergiát nem közvetlenül az energia-mix részeként hasznosítjuk (ahogy ez ma történik), hanem először metánná (szintetikus földgázzá) alakítjuk és azt használjuk fel a földgázfogyasztó berendezésekben (gázmotorokban és gázturbinákban), akkor a probléma könnyen kezelhető.

Az ismert villamoshálózati stabilitást biztosító megoldások közül, az időjárásfüggő megújuló energiák befogadásából adódó villamoshálózati problémákat egyik sem kezeli hasonlóan, vagyis egyik ismert megoldás sem a probléma forrását alakítja át annak megoldásává.

2. A javasolt műszaki megoldás

A tárgyi műszaki megoldás, mint gépészeti rendszer, minden elemében külön-külön ismert, azonban az ismert elemek egymással való együttműködése, valamint azok alkalmazási célja és módja jelen esetben teljesen más, újfajta alkalmazásuk teljesen eltérő, minőségileg más eredményt ad.

Közismert a nappól és szélből származó villamosenergia közvetlenül a villamoshálózatba való juttatás céljából-, az energia-mix részére való termelése. Ez az, ami a villamoshálózati problémát okozza, jelentős befogadási korlátot jelentve, amely probléma kiküszöbölését ma szabályozási tartalékok (energiatárolók és gyors-reagálású földgáz alapú gázmotoros és gázturbinás erőművek) létesítésével oldanak meg. A javasolt megoldás egyik eleme, hogy ezeket az időjárásfüggő megújuló energiákat nem közvetlenül juttatja a hálózatba, hanem először azokat metánná (szintetikus földgázzá) alakítja és ezt a metánt használja fel a villamoshálózat számára történő villamos villamosenergia termelésére, a meglévő, működő gázmotoros és gázturbinás erőművekben.

A Power to Gas (P2G) technológia [5] is közismert, elsősorban a fölös megújuló energiák szezonális tárolásához fejlesztették ki; a nappól-, és szélből nyert fölös nyári villamosenergiát vízbontóban hidrogénné alakítják és ezt a hidrogént használják a fermentációs technológiák (biogáz, bioetanol stb.) során keletkező széndioxid-, vagy az erőművek füstgázából különféle technológiákkal kinyert széndioxid metanizátor berendezésben való metánná alakítására [6, 7]. Ennek a technológiának a célja az, hogy az előállított metánt (szintetikus földgázt) a földgáz infrastruktúrában télire eltárolják és ezt a fölös nyári megújuló energiát télen használják fel. Műszaki megoldásunk másik eleme az, hogy a metanizátorban keletkező metánt nem tárolja télire, hanem azt a megtermelése időpontjában, vagy ahhoz közeli időpontban (lásd puffer tartályok) használja fel villamosenergia termelésére oly módon, hogy az egyben megteremtse a hálózat számára fontos stabilitást, vagyis oly módon, hogy a metanizátorból származó megújuló szintetikus földgázt felhasználó gázmotor vagy gázturbina maga töltsen be a szabályozási tartalék funkcióját is (részletesebben lásd lentebb).

Továbbá, ismert olyan megoldás is, amikor a P2G technológiában a széndioxid forrása maga a metanizátorban előállított metánt elfogyasztó gázmotor vagy gázturbina [3], oly módon, hogy azok égéslevegőjét a vízbontó melléktermékeként keletkező oxigénnel cserélik le, az úgynevezett oxy-fuel üzemmódot alkalmazva [4].

Az utóbbi műszaki megoldás, azonban csak arra törekszik, hogy a karbonmentes (nap, szél, nukleáris) energiákat minél nagyobb mennyiségben, társadalmi méretekben hasznosítsa, portfóliót képezve a különféle karbonmentes energiákból (beleértve a lakossági napelemekből és szélgenerátorokból származó villamosenergiák tulajdonosuk által fel nem használt részét is), a megújuló és nukleáris energia-portfólió üzemet megfelelő energiátárolási kapacitásokkal támogatva [14].

Az a találmány azonban nem jutott el arra a felismerésre, hogy a megújuló szintetikus-földgázzal üzemelő gázmotorok és gázturbinák, megfelelő vezérlés és szabályozás esetén, egyben maguk is lehetnek a villamos hálózat részéről elvárt szabályozási tartalék-kapacitás.

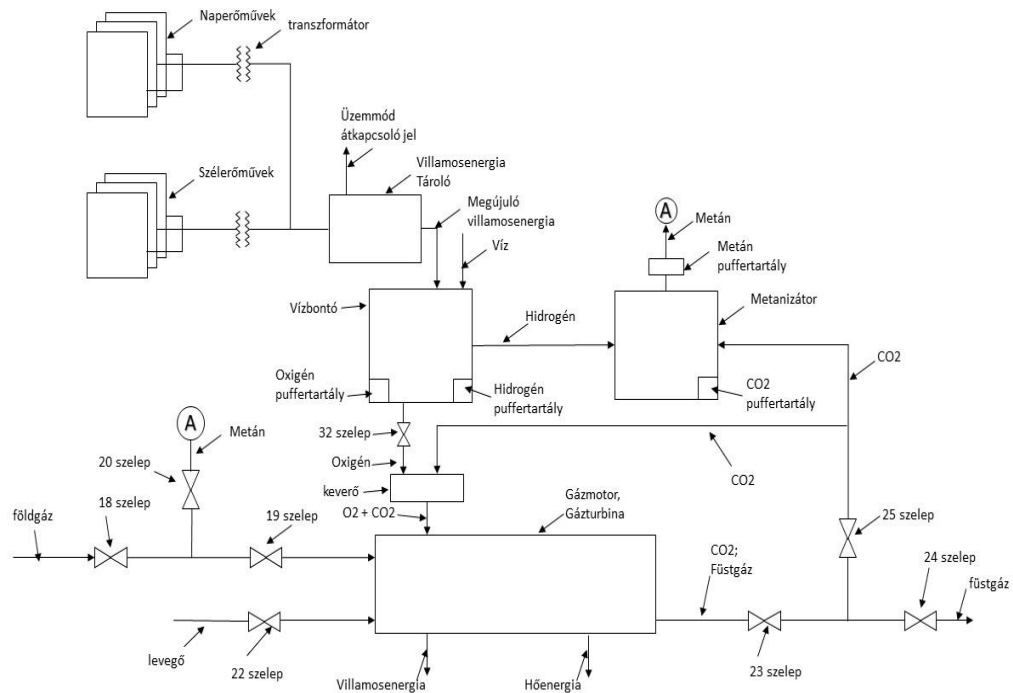
A tárgyi műszaki megoldás a hiányzó technológiai láncszem: az időjárásfüggő megújuló energiák mennyiségi korlátok nélküli villamoshálózati befogadásának a lehetősége, amelyet a tárgyi berendezés és eljárás biztosít, alacsony kihasználtságú szabályozási tartalékok telepítése és alkalmazása nélkül.

3. A tárgyi műszaki megoldás részletes ismertetése

3.1 A tárgyi műszaki megoldás felépítése, működése

A javasolt megoldás felépítését és működését az alábbiakban rajzok alapján ismertetem részletesebben, ahol az

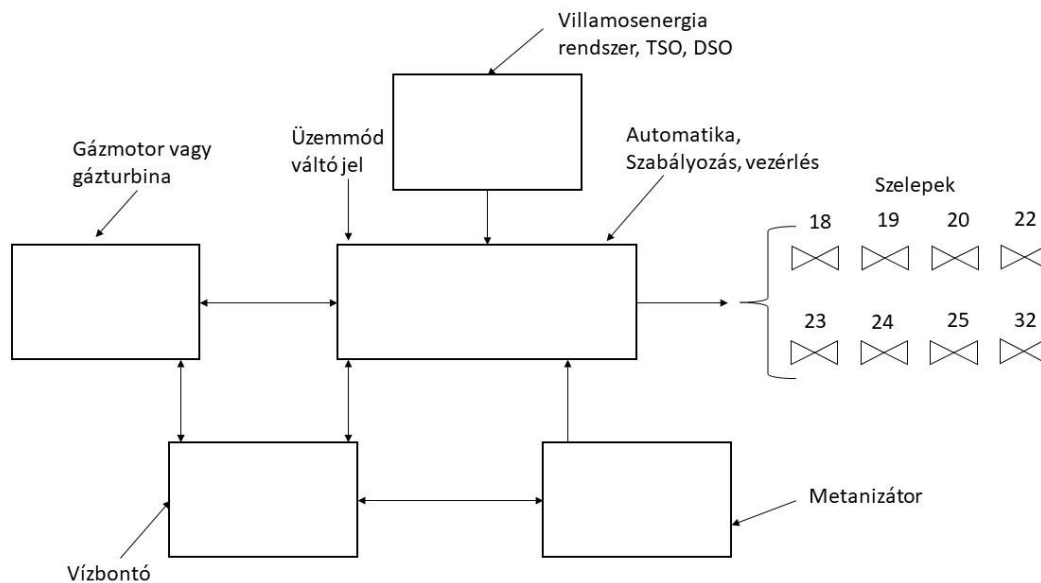
1. számú ábra a tárgyi megoldás szerinti gépészeti rendszer felépítését ábrázolja, a
2. számú ábra a rendszer berendezései és a villamosenergia hálózat összehangolt működését biztosító vezérlés és szabályozás felépítését ábrázolja.



1. ábra

Az 1. ábrán láthatóak a találmány fő elemei, a szélerőművek, naperőművek, illesztő-transzformátorok, energiatároló kapacitások (pl. kémiai akkumulátorok), vízbontó, metanizátor, fölgázfogyasztó berendezés (gázmotor vagy gázturbina) többnyire a kapcsolt energia-termelés (CHP) részeként, hidrogén puffertartály, oxigén puffertartály, keverőelem, széndioxid puffertartály, metán puffertartály, a 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25 és 32 nyitó/záró szelepek, amelyek a gázmotor vagy gázturbina kétfajta üzemét hivatottak biztosítani: vagy a megújuló metánnal, vagy pedig annak hiánya esetén, a hagyományos földgázzal való üzemet.

A 2. ábrán látható a találmány további fontos eleme, a központi vezérlő és szabályozó egység, amely biztosítja a vízbontó, a metanizátor és a gázmotor (gázturbina) összehangolt, „együtt-futó”, hatékony üzemét.



2. ábra

A központi vezérlő fő feladata, hogy figyelje a szélerőművek és a naperőművek üzemét, illetve az általuk termelt villamosenergia mennyiségét, összehangolva a hidrogén puffertartály, oxigén puffertartály, keverőelem, széndioxid puffertartály és a metán puffertartály üzemével, illetve azok töltöttségi fokával.

Szükség esetén, ha eltűnik a nap és/vagy a széleenergia-termelés, vagy az energiatároló töltöttségi foka a meghatározott szint alá csökken, az üzemmódot átkapcsoló állapot-jel segítségével, a központi vezérlő és szabályozó egység, a 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25 és 32 nyitó/záró szelepek megfelelő kombinációjával a megújuló metán üzembről automatikusan átkapcsol a hagyományos földgáz üzemre (lásd lentebb a rendszer működési leírását).

A központi vezérlő egyben ellátja a villamosenergia átviteli rendszer-irányítóval (TSO) és/vagy a területi áramszolgáltatóval (DSO) való kapcsolattartást is.

A tárgyi technológia szerinti berendezés és eljárás működését szintén az 1. és 2. ábrák alapján ismertetem.

A szélerőművek és naperőművek illesztő-transzformátoron keresztül töltik az energiatároló kapacitást (kémiai akkumulátort), és egyben megújuló villamosenergiával látják el a vízbontó berendezést.

A vízbontó berendezés a vízből hidrogént és oxigént állít elő. A földgáz-fogyasztó berendezés (gázmotor vagy gázturbina) a vízbontó berendezés melléktermékeként keletkező oxigénből, oxy-fuel eljárással tiszta széndioxidot állít elő. A hidrogénből és a széndioxidból a metanizátor metánt állít elő. A keletkező gázok célszerű felhasználását a hidrogén puffertartály, oxigén puffertartály, keverőelem, széndioxid puffertartály, metán puffertartály biztosítja. Ebben az esetben a 19, 20, 23, 25 és 32 szelepek nyitva vannak, a 18, 22, 24 szelepek pedig zárva vannak, amely szelep-kombináció a gázmotor (gázturbina) megújuló metánnal való üzemét biztosítja. A megújuló energia elégtelen volta esetén, amint az üzemmódot átkapcsoló állapot-jel, a központi vezérlő és szabályozó egységen keresztül, arra utasítást ad, a 19, 20, 23, 25 és 32 szelepek bezárnak, majd a 18, 19, 22, 23 és 24 szelepek pedig kinyitnak, és ezzel a gázmotor (gázturbina) a levegővel plusz a hagyományos földgázzal való üzemre tér át.

A tárgyi rendszer megfelelő üzemét egyéb szempontból is a központi vezérlő és szabályozó egység, biztosítja: gondoskodik a vízbontó, a metanizátor, valamint a gázmotor (gázturbina) összehangolt, „együtt-futó”, hatékony üzemét illetően.

A központi vezérlő fő feladata, hogy figyelje a szélerőművek és a naperőművek üzemét, illetve az általuk termelt villamosenergia mennyiségét, összehangolva a hidrogén puffertartály, oxigén puffertartály, keverőelem, széndioxid puffertartály és a metán puffertartály üzemével, azok töltöttségi fokával.

Szükség esetén, ha eltűnik a nap és/vagy a széleenergia-termelés, vagy az energiatároló töltöttségi foka a meghatározott szint alá csökken, az üzemmódot átkapcsoló állapot-jel segítségével a központi vezérlő és szabályozó egység, a 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25 és 32 nyitó/záró szelepek fentebb ismertetett kombinációival a megújuló metán üzemről automatikusan átkapcsol a hagyományos földgáz üzemre.

A központi vezérlő egyben ellátja a villamosenergia átviteli rendszer-irányítóval (TSO) és/vagy a területi áramszolgáltatóval (DSO) való kapcsolattartást is, megfelelő megállapodások esetén lehetőséget nyújtva azoknak a közvetlen-, és/vagy közvetett beavatkozásra is.

3.2 A tárgyi műszaki megoldás részletesebb ismertetése

A tárgyi technológia behatóbb ismertetése érdekében, azt összehasonlítom a hagyományos P2G technológiával és részletesebben kitérek a működési módjaira, valamint az olyan, szokatlanak tűnő fogalmakra is, mint például a „virtuális energiatárolás”.

3.2.1 A jelen gázmotor és gázturbina alapú P2G technológia miben különbözik a hagyományos P2G technológiától?

A hagyományos P2G (Power to Gas) technológia a fölös időjárásfüggő megújuló villamosenergiát gázzá, először hidrogénné alakítja, majd abból könnyebben kezelhető (könnyen szállítható, tárolható és felhasználható) metánt készít [8, 12]. A hagyományos P2G technológia esetében is a fő technológiai berendezések a vízbontó és a metanizátor, de a metanizációhoz (metán előállításához) szükséges széndioxidot fermentációs technológiákból (biogáz és bioetanol gyártásból) nyerik, vagy az erőművek füstgázából vonják ki jelentős beruházási költség és folyamatos üzemeltetési költség árán. A mi technológiánk esetében, a metanizációhoz szükséges széndioxidot a földgázfogyasztó berendezés (gázmotor vagy gázturbina) maga állítja elő külön üzemeltetési költség-ráfordítás nélkül (lásd fentebb az 1. sz. ábrát).

A hagyományos P2G eljárás esetében az előállított metánt, a földgáz-hálózatba juttatják, általában szezonális energiatárolási céllal [9, 10]. A mi esetünkben az előállított metánt maga a gázmotor, gázturbina fogyasztja el annak előállításakor [14], abból tiszta széndioxidot állítva elő a metanizáció számára.

A hagyományos P2G technológia esetén fölös megújuló villamos áramot adunk be, plusz kívülről hozott széndioxidot a metanizációhoz és a kimenetén a szezonálisan eltárolandó metán van. Az új P2G technológia bemeneti eleme csak a karbonmentes villamos energia, a kimeneti eleme pedig a földgázfogyasztó gázmotor, gázturbina által előállított villamos- és hőenergia. A hagyományos P2G eljárás esetében a vízbontó melléktermékeként keletkező oxigént nem-, vagy nem a folyamatban használják fel, míg a mi technológiánk, oxy-fuel eljárással, abból állítja elő a metanizációhoz szükséges széndioxidot [14]. A hagyományos P2G technológia esetében a korlátosan rendelkezésre álló vizet és széndioxidot, befektetés és üzemeltetési költségek árán, kívülről hozzák, míg mi ezeket a nélkülözhetetlen alapanyagokat magából a technológiai folyamatból nyerjük, körforgásos módon.

3.2.2 Miért és hogyan illesztjük a vízbontó teljesítményét a gázmotor, illetve gázturbina teljesítményéhez?

A vízbontó a rendelkezésre álló fölös karbonmentes (nap, szél, mélyvölgyi nukleáris) energiából, mint bemenő energiaforrásból állítja elő a zöld hidrogént, majd abból a metanizátorban a karbonmentes metánt. Ahhoz, hogy ezt a szintetikus földgázt ne kelljen jelentős energiafelhasználás és egyéb költségek árán a földgázhálózatba juttatni, majd annak szezonális tárolása után, szintén energiafelhasználás-, és földgázhálózati kapacitás-lekötés árán, a majdani felhasználás helyére szállítani, a vízbontó teljesítményét illesztjük a gázmotor, illetve gázturbina teljesítményéhez. Ez azt jelenti, hogy a vízbontó teljesítményét úgy méretezzük, hogy abból annyi hidrogént kapjunk, amennyi hidrogénből a metanizátorban pontosan annyi metán keletkezik, mint amennyi a gázmotor vagy gázturbina üzeméhez szükséges.

3.2.3 Mi az a szezonális energiatárolás? A gázmotor és gázturbina alapú P2G technológia ezt hogyan oldja meg? Mi az a virtuális energiatárolás és hogyan működik?

Mivel nyáron a napenergia mennyisége mintegy a négyszerese a télen elérhető napenergia mennyiségének, ezért a nyáron megtermelt napenergia egy részét célszerű télire eltárolni. A hagyományos P2G technológia a fölös nyári napenergiát metánná alakítja, amit a földgáz hálózatba sajtol, hogy azt a földgáztárolóban télire eltárolja. Télen pedig a nyáron előállított szintetikus földgázt a földgáz tárolóból kiveszik és a felhasználás helyére szállítják. A mi technológiánk megtakarítja ezt a költséges, földgázhálózat-használatot és energiát igénylő folyamatot. Mivel mi illesztjük a vízbontó teljesítményét a gázmotor, illetve a gázturbina teljesítményéhez, ezért a metanizátor annyi metánt állít elő, amennyit a gázmotor, gázturbina elfogyaszt, vagyis amennyire azoknak szükségük van. Tehát a mi technológiánk virtuális szezonális energiatárolást végez: az általa nyáron napenergiával kiváltott földgáz a földgáztárolóban marad, téli felhasználásra. Ez a lehető legtakarékosabb-, legjobb hatásfokú energiatárolás.

3.2.4 Hogyan lehetséges az, hogy a gázmotor alapú P2G technológia korlátlanul képes elősegíteni a napenergia villamoshálózati befogadását, úgy, hogy az nem sérti a már üzemelő gázüzemű erőművek üzemét?

A mi technológiánk lényege, hogy a naptól származó villamosenergiát nem közvetlenül adja be a villamosenergia hálózatba, hanem azt először metánná alakítja, amit az eddig földgázzal üzemelő gázmotorok, gázturbinák fogyasztanak el. Ezért nem sérti a jelenleg üzemelő gázmotoros és gázturbinás erőművek üzemét, mert a megújuló energiából származó metánt azok fogyasztják el, vagyis ez a technológia nem korlátozza azok üzemét.

A jelenleg üzemelő gázmotoros és gázturbinás erőművek által jelenleg fogyasztott több milliárd m³/év mennyiségű földgáz lecserélése napból és szélből származó megújuló metánnal, gyakorlatilag korlátlan lehetőséget jelent.

3.2.5 Hogyan képes az időjárásfüggő megújuló energiát hasznosító, gázmotor és gázturbina alapú P2G technológia aFRR szabályozó kapacitás igénybevétele nélkül működni, sőt úgy működni, hogy az egyben maga a szabályozó kapacitás is?

Hagyományosan az aFRR szabályozó kapacitásra azért van szükség, hogy ezek a kapacitások (gázmotoros kiserőművek, gyors reagálású gázturbinás erőművek) szükség esetén, vagyis amikor váratlanul eltűnik a nap és/vagy szélerőenergia, akkor azok pótolják a nap-, és szélerőművekből addig kapott villamos energiát.

A mi esetünkben, amikor a nap-, és szélerőművek csak közvetetten vesznek részt az energiaellátásban úgy, mint a nap-, és szélerőenergiával hajtott gázmotoros és gázturbinás erőművek megújuló metán forrása, nekünk nincs teendők: a rendszer vezérlése, szükség esetén, automatikusan áttér a megújulóenergia alapú üzembről a hagyományos földgáz alapú üzemre.

Vagyis a megújuló energiából származó metánnal működő gázmotorok maguk tudnak lenni önmaguk aFRR szabályozó kapacitása, szükség esetén, megújuló energiával hajtott üzembről hagyományos földgáz üzemre való automatikus átkapcsolással.

3.2.6 Mit értünk az alatt, hogy a gázmotor és gázturbina alapú P2G technológia a „hiányzó technológiai láncszem”? Miért és honnan „hiányzott” ez a technológia? Mit nyújt ez a technológia az időjárásfüggő megújuló energiák korlátlan hasznosításának érdekében?

Eddig, amikor a napból-, és szélből származó villamosenergiát közvetlenül kellett a villamoshálózatba befogadni, az csak a meglévő, üzemelő gázmotoros és gázturbinás erőművek kárára történhetett, jelentősen korlátozva azok üzemét, visszaszabályozva és/vagy leállítva azokat.

Ezen túlmenően, az időjárásfüggő megújuló energiák erősen változó-, és előre pontosan nem meghatározható teljesítménye miatt, szükséges volt megfelelő mennyiségű aFRR szabályozó kapacitás létesítésére és rendelkezésre tartására is, annak érdekében, hogy bármikor pótolni lehessen a váratlanul kieső, illetve lecsökkent mennyiségű, időjárásfüggő megújuló forrásból származó, betervezett villamosenergiát.

Mindez jelentősen hátráltatja és korlátozza a megújuló energiák nagy volumenű hasznosítását.

A jelen technológia, azzal a tulajdonságával, hogy az időjárásfüggő energiákból származó megújuló metánt a jelenleg üzemelő erőművek földgázfogyasztó berendezései (gázmotorok, gázturbinák) tudják szintetikus földgázként felhasználni, ezek az erőművek önmaguk aFRR szabályozó kapacitásai tudnak lenni.

Vagyis ez a technológia teljesen megszünteti az eddigi megújulóenergia-hasznosítási korlátokat. Ez az a lehetőség (technológia), ami eddig hiányzott.

3.2.7 Mi történik akkor, amikor, például villamoshálózati okok miatt, korlátozzák a gázmotor, vagy gázturbina üzemét (leállítják azt), de ugyanakkor teljes a napsütés? Olyankor, amikor nem tudja hajtani a CHP-t, mi lesz a napenergiával?

A jelen technológia célja és feladata, hogy a gázmotorok és gázturbinák üzeme során a keletkező széndioxidot megszüntesse annak metanizációja útján.

Ha nem működik a gázmotor/gázturbina nem keletkezik megszüntetendő széndioxid, és nincs is mit metanizálni. A vízbontó viszont működik, így hidrogént tudunk termelni, amit meg is teszünk. Ebből a célból, a tárgyi technológia megfelelő nagyságú napi hidrogén-tároló kapacitással van ellátva, amely tárolókapacitás biztosítja a működő vízbontó üzemét, illetve a keletkező hidrogén 1-2 napon belüli eltárolását.

Célszerűen, ezt a hidrogént a közlekedési ágazat használhatja fel.

A hidrogéntároló tartályok kapacitását úgy kell meghatározni, hogy a megtermelt hidrogén töltőállomásokra való elszállítása rugalmasan és problémamentesen történhessen.

Ez a napi hidrogén-tároló kapacitás, a megfelelő kapacitású villamos akkumulátorral együtt, biztosíthatja a vízbontók kellő (mintegy 5.000 – 6.000 óra/év) üzemidővel való kihasználtságát.

3.2.8 Mi a karbonmentes villamosenergiából termelt szintetikus földgáz és a „fölös” hidrogén aránya?

A szintetikus földgáz termelt mennyisége az, amit a gázmotor a megtermelése időpontjában, vagy ahhoz nagyon közeli időpontban (lásd puffertartályok) elfogyaszt;

A fölös hidrogén termelt mennyisége a mélyvölgyi időszak alatt (többnyire nukleáris energiából) származik, amikor a gázmotor nem működik.

Ugyancsak elképzelhető, hogy a gázmotor a CHP tevékenységéből kifolyólag nem működik (nincs szükség hőre, vagy azt pl. műszaki meghibásodás miatt nem tudják átvenni, befogadni), de ez a sokkal ritkább eset.

A fölös hidrogén és a szintetikus földgáz energiatartalomban kifejezett arányát elsősorban a napenergiát egy napon belül eltárolni képes kémiai akkumulátorkapacitás-, és a mélyvölgyi nukleáris energia elfogadható áron történő hozzáféréseinek mennyisége határozza meg (itt szükség van az állam szabályozó szerepére, illetve támogatására is). Egy rész nukleáris-, és három rész napenergia körüli arány látszik célszerűnek.

A gázmotor alapú P2G technológia által a mélyvölgyi időszak nukleáris energiájából származó fölös hidrogént (mivel ez a technológia a földgáz-hálózat mellett van) célszerű lehet részben a földgáz hálózatba besajtolva, szintén közlekedési célú felhasználásra, szezonálisan eltárolni, mivel a téli napenergia csak mintegy a negyede a nyári termelési lehetőségeknek.

Ezzel jelentősen csökkenthető a napi tárolást végző hidrogén-puffer tartályok mérete is.

3.2.9 Tudnánk-e növelni az új P2G technológiából nyerhető közlekedési célú hidrogén arányát, ha igen, akkor hogyan?

A hidrogén mennyiségét, a szintetikus földgáz mennyiségéhez képest, úgy tudnánk növelni, ha a vízbontó teljesítményét nem illesztjük a gázmotor teljesítményéhez, hanem a vízbontó teljesítményét a gázmotor teljesítményénél nagyobbra (esetleg jelentősen nagyobbra) méreteznénk. Ennek azonban nem sok értelme lenne, mivel a napelem-kapacitásokat térben a lehető legjobban el kell osztani és azokat a hidrogén célú vízbontókkal együtt, a közlekedési folyosók mentén-, a hidrogén-töltő állomások közelében célszerű telepíteni.

Viszont, a megújuló energiával hajtott erőműveknél mélyvölgyi időszakban keletkező fölös hidrogén átadása nagyon célszerű, amely jelentősen csökkentheti a csak közlekedési célra szánt hidrogéntermelő kapacitások méretét.

3.2.10 Mi lehet a jelen technológia működtetésének legcélszerű módja annak érdekében, hogy minél kisebb beruházási és üzemeltetési költség árán minél nagyobb legyen az import

földgáz mennyiségének csökkentése és minél nagyobb legyen az energetikai- és a közlekedési ágazat dekarbonizációja?

A cél, a nap-, és szélenergia minél teljesebb hasznosítása. Ehhez az energetikai-, és a közlekedési ágazat egymással összehangoltan történő „zöldítését” célszerű végezni.

Azzal párhuzamosan, hogy a jelenleg üzemelő gázmotorok és gázturbinák mellé vízbontót és metanizátort telepítünk annak érdekében, hogy azok üzeme „nap-, és szélenergiával hajtott” legyen, a közlekedési folyosók mellett hidrogéntöltő állomást, vízbontót és hidrogén-tároló tartályokat célszerű telepíteni.

A két ágazat szoros együttműködése oly módon hatékony, ha a gázmotorok és gázturbinák működése során keletkező fölös hidrogént részben folyamatosan és közvetlenül a hidrogéntöltő állomásokra szállítják, részben pedig, szintén a közlekedési ágazat számára, azt szezonális tárolás céljából a földgáz-hálózatba juttatják.

4. Az új technológia helye és szerepe az energetikában

A magyarországi hasznosítható napenergia-potenciál 486 millió MWh/év, ami mintegy 12-szer nagyobb, mint az éves villamosenergia-fogyasztásunk [15].

Ezt egészíti ki a hasznosítható szélenergia, amelynek prognosztizált mértéke 56,8 millió MWh-ra tehető [15].

Ebből látszik a kihívás a megújuló energiák, mint rendelkezésre álló „ingyen energia”, teljesebb mértékű hasznosításával kapcsolatosan, hiszen a szél-, és napenergia rendelkezésre álló mennyisége sokszorosa annak az energiamennyiségnek, ami a jelenlegi módon, közvetlenül az energia-mix részeként, hasznosítható a villamos hálózatban.

Jelenleg az időjárásfüggő megújuló energiák energiamixben való közvetlen hasznosítása csak a már meglévő, üzemelő gázmotoros-, és gázturbinás erőművek kárára történhet, oly módon, hogy azokat jelentősen vissz szabályozzák, korlátozzák a működésüket, majd egy részüket leállítják és alacsony kihasználtságú aFRR szabályozási tartalékként használják őket.

A jelen technológia, mint berendezés és eljárás, megoldást nyújt erre a problémára.

Mivel az időjárásfüggő megújuló metánt (szintetikus földgázt) a jelenleg üzemelő gázmotorok és gázturbinák használhatják fel, gyakorlatilag nincs hasznosítási korlát; a nap-, és szélenergia villamosenergia hálózatba való befogadása nem sérti a működő gázmotoros és gázturbinás erőművek üzemét, illetve azok kihasználtságát.

Ez azt is jelenti, hogy a tárgyi eljárás, külön beruházás nélkül, 100%-os aFRR kiegyenlítő szabályozási kapacitást biztosít a villamoshálózat számára, a megújuló metánnal működő gázmotorok és gázturbinák megújuló metán alapú üzeméről, szükség esetén, földgáz üzemre való automatikus áttéréssel.

Az új P2G technológia lehetővé teszi a működő gázturbinás és gázmotoros erőművek, **a kapcsolt energiatermelő egységek (CHP-k) és a meglévő kombinált ciklusú erőművek nap-, és szélenergiával hajtott üzemének megvalósítását**, vagyis a jelenlegi import-földgáz felhasználásuk időjárásfüggő megújuló energiával való kiváltását. Ezzel **mintegy 6 milliárd m³/év földgázimport** megtakarítását érhetnénk el.

Továbbá, a fentebb ismertetett eljárás lehetővé teszi a már meglévő, alacsony kihasználtságú gázturbinás és gázmotoros szabályozó erőművek teljes üzemidőben és jobb hatásokkal való kihasználását is. Ehhez célszerű lenne ezeket az erőműveket úgynevezett gőz-ciklussal kiegészíteni, az elektromos vízbontó-, és a metanizátor telepítésével egyidőben. Az így kombinált ciklusúvá alakított

erőművek hatásfoka a jelenlegi gyors-reagálású szabályozó üzemmód 40% körüli villamos hatásfokáról 60% körüli hatásfokra növekedne.

A fentiek szerint átalakított, illetve kiegészített, a megújuló energiával hajtott üzemmódra alkalmassá tett jelenlegi szabályozó erőművek jelentős részének az üzemideje a többszörösére növelhető, vagyis teljes kihasználtsággal tudnának ezek az erőművek is üzemelni, a jelenleginél mintegy 50%-kal magasabb hatásfokkal működve.

A nap-, és szélenergiával hajtott üzemmód bevezetését (vízbontók és metanizátorok telepítését) a kisebb teljesítményű CHP-kal célszerű kezdeni. Ezek elsősorban a nagy hőigényű iparvállalatok, kórházak, szállodák, uszodák stb. területén találhatók.

A tárgyi technológia alkalmazásának a **legfontosabb területe a távfűtés lehet**, ahol az új P2G technológia a legnagyobb nemzetgazdasági jelentőséggel bírhat.

5. Az új technológia státusa

A fentebb ismertetett műszaki megoldás kevésbé ismert eleme az annak központi részét képező gázturbina és gázmotor. A gázturbinák oxy-fuel üzemet illetően elég tapasztalati információval rendelkezünk, viszont a gázmotorok oxy-fuel üzeme kevésbé ismert, ezért a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék bevonásával kutatást végeztünk a gázmotorok oxy-fuel üzemének jellemzőit-, az oxy-fuel üzem megvalósíthatóságát és működőképességét illetően [13].

A kísérletek bizonyították a hagyományos égéslevegő O_2/CO_2 gázkeverékkel való helyettesítésének megvalósíthatóságát és működőképességét, a földgázüzemű motorok esetében is.

Az égéslevegő O_2/CO_2 gázkeverékkel való helyettesítése esetén a gázmotor kipufogógázából kellően tiszta széndioxidot kaphatunk, amely a légfesleltényező függvényében 0,5-2,0 V/V% CO-t is tartalmazhat. Az a későbbi felhasználástól függ, hogy ezt szükséges-e kivonni vagy átalakítani, illetve maradhat-e a CO_2 gázban. A Kutatási jelentés letölthető a www.coopinter.hu/letöltések linkről.

A széleskörű ipari bevezetés érdekében célszerű a fentebb ismertetett kísérleteket ipari és nem kísérleti gázmotoron is elvégezni és az üzemi tapasztalatokat kiértékelni, hogy bizonyos motoroknál az esetlegesen szükségessé váló kisebb konstrukciós kiegészítéseket, a gyártók bevonásával, el lehessen végezni. Egyben, a felhasználásra kerülő gázmotor típus számára meg kell határozni az optimális O_2/CO_2 gázkeverék oxigén arányát, az adott gázmotorok üzemi paramétereinek optimalizálása érdekében [13].

Az új P2G technológia egészét illetően célszerű több, különböző teljesítményű pilot üzem mielőbbi megvalósítása, elsősorban a távfűtés területén.

A leendő pilot projektek üzemi tapasztalatai és statisztikai adatai lehetővé tehetik egy kormányzati támogatási rendszer kidolgozását is, ami ma még elengedhetetlenül szükséges minden megújuló energiát hasznosító technológia ipari alkalmazásához.

A pilot berendezések üzemeltetési adatai megalapozhatják a berendezésvásárlásokat elősegítő beruházási támogatás-, valamint az esetlegesen szükséges üzemeltetési ár-kiegészítés mértékének normatív meghatározását.

6. Összefoglalás

A fentebb ismertetett földgázfogyasztó berendezés alapú, zéró CO_2 kibocsátású, szintetikus földgázt előállító P2G technológia szükségességét, valamint időszerűségét, többek között, az elektromos vízbontók és metanizátorok várható gyors ütemű és nagy mennyiségben történő elterjedése indokolja, célszerűvé téve a vízbontó berendezések melléktermékeként keletkező oxigén gázfogyasztó berendezésekben történő hasznosítását annak érdekében, hogy minimális CAPEX mellett és külön

OPEX ráfordítás nélkül legyen előállítható a P2G technológiák számára szükségessé váló nagy mennyiségű tiszta széndioxid.

A tárgyi gázmotor és gázturbina alapú P2G eljárás hatékonyan teszi lehetővé, hogy az időjárásfüggő megújuló energiákra és a többlet nukleáris energiára, mint a szintetikus földgáz forrására-, importcsökkentő tényezőként tekinthessünk.

A 2050-re kitűzött karbonsemlegesség elérését ez a megoldás nagy mértékben elősegítheti.

A karbonsemlegesség ugyanis azt jelenti, hogy a kibocsátott széndioxid egyensúlyba kerül a szénelnyelőkben tárolt széndioxiddal. A természetes szénelnyelők (erdők, óceánok) mellett erre a szénmegkötéssel járó technológiára is nagy szükség lehet a karbonsemlegesség eléréséhez.

Ezzel az eljárással az erőműben keletkező kipufogógáz helyett, oxy-fuel eljárással, tiszta széndioxidot nyerünk, amelyet hidrogénnel metanizátorban metánná alakítunk. **Ez a metán szolgál az erőmű tüzelőanyagként, külső földgáz forrásra nincs szükség.**

A metánhoz szükséges zöld-hidrogént vízbontóban állítjuk elő, melynek melléktermékeként keletkező oxigént a már hivatkozott oxy-fuel eljárásban hasznosítjuk.

A metanizátorból kikerülő metánt újra a földgázfogyasztó berendezés használja fel, ebből újra széndioxid, majd abból ismét metán (szintetikus földgáz) keletkezik, körforgásos módon.

Végezetül fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a technológia vízfogyasztás szempontjából is, zárt ciklusú és önellátó – a körforgásos gazdaság mintapéldája lehet: a tápvízből a vízbontóban hidrogén keletkezik, amiből a metanizátorban metán és víz, majd a metán felhasználásakor, víz és széndioxid keletkezik. Ezeket a vizeket tápvízként hasznosítjuk; a tápvízből újból hidrogén, abból metán majd abból újból víz keletkezik.

Így a metán, a széndioxid és a víz zárt rendszerben, körforgásos módon, mint a technológiához szükséges közvetítő elemek, vesznek csak részt a folyamatban.

Összegezve, az új P2G technológia előnyei:

A jelen eljárás egyik előnye, hogy minimális CAPEX mellett, külön OPEX ráfordítás nélkül, az elektromos vízbontók melléktermékeként jelentkező oxigén felhasználásával, állítja elő a P2G technológiák számára szükséges tiszta széndioxidot.

Ez a technológia a keletkezése helyén és idejében képes megszüntetni az erőművek földgázfogyasztó berendezései (gázturbinák, gázmotorok, gázkazánok) széndioxid kibocsátását, abból megújuló karbonmentes szintetikus földgázt állítva elő.

Az új P2G technológia bemeneti eleme a karbonmentes villamos energia, kimeneti eleme pedig a földgázfogyasztó gázmotor, gázturbina által előállított villamos- és hőenergia.

Ez az eljárás a hiányzó technológiai láncszem: oly módon oldja meg a nap és szélenergia energia-mixben való nagymértékű hasznosítását, hogy azzal nem korlátozza a már működő földgázfogyasztó berendezések üzemét, nem az üzemelő gázmotorok és gázturbinák kárára történik a megújuló energiák villamoshálózati befogadása.

Ez a megoldás 100%-os AFRR kiegyenlítő szabályozási kapacitást nyújt a villamoshálózat számára, megújuló energia alapú üzembről, szükség esetén, hagyományos földgáz üzemre való automatikus áttéréssel.

Továbbá, gőzciklussal, valamint vízbontóval és metanizátorral kiegészítve a jelenlegi szabályozó erőműveket, lehetővé teszi azok jelentős részére az üzemidejük többszörösére történő növelését, azok teljes kihasználtsággal való működtetését.

Ez a technológia egyben virtuális szezonális energiatárolás is: a nyári napenergiával kiváltott földgáz a földgáztárolóban marad, téli felhasználásra. Ezzel megtakaríthatjuk a metanizátorban keletkező metán

földgáz-tárolóba való besajtolásának-, és a tárolóból való kitermelésének jelentős energia-igényét, valamint a földgáz-tárolóból a felhasználás helyszínére való szállításának a költségét is. Ez a körforgásos üzemű P2G technológia, a szezonális energiatároláson túlmenően, hatékonyan és egyszerre szolgálja az import földgáz jelentős részének kiváltását, a dekarbonizációt és az időjárásfüggő megújuló energiák nagymértékű hasznosítását az energetikában, valamint egyúttal hatékonyan támogatja a közlekedési ágazat zöldítését is.

Irodalomjegyzék

- [1] *Dr. Birkner Zoltán: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [2] *Steiner Attila: Az energiatárolás lehetséges fejlesztési irányai. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [3] *Hujber Ottó: „Megújuló villamosenergia tárolását és a villamosenergia rendszer szabályozását egyidejűleg lehetővé tevő gépészeti rendszer, eljárás”, P21000321 ügyiratszámú találmány.*
- [4] *Hujber Ottó: „A naperőművek és a szél erőművek által termelt villamosenergia megtermelésükkel azonos idejű, villamos hálózaton kívüli felhasználása szintetikus földgáz előállítására”, P2200498 ügyiratszámú találmány*
- [5] *Dr. habil. Csedő Zoltán: A power-to-gas technológia ipari környezetben való tesztelése: egy szennyvíztisztító telepen szerzett K+F tapasztalatok. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [6] *dr. Pintér Gábor, Kondor Dóra, Hegedűsné dr. Baranyai Nóra, dr. Vincze András, dr. Zsiborács Henrik: A power-to-gas technológia potenciális szerepe a visegrádi országok naperőműveinek menetrendtartásában. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [7] *Dr. Sinóros-Szabó Botond: Alga biomaszából power-to-gas technológiával előállított biometanizációs folyamat műszaki feltételei. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [8] *Prof. Dr. Imre Attila, Kummer Kristóf: Power-to-Methane alapú pseudo-akkumulátorok. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [9] *Groniewsky Axel, Kustan Réka, Imre Attila: Power-to-Methane technológia: műszaki összegzés és esettanulmány. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [10] *Csányi Szilvia, Dr. Zsiborács Henrik, Dr. Pintér Gábor*, Hegedűsné Dr. Baranyai Nóra, Dr. Vincze András: A biogáz alapú Power-to-Gas technológia szerepe a magyarországi energiazártalálkodásban. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [11] *Zavarkó Máté: Az alga alapú power-to-gas üzemek fejlesztésének stratégiai szempontjai a körforgásos gazdaságban. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [12] *Dr. Csedő Zoltán, Dr. Imre Attila: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [13] *Lukács Kristóf, Hujber Ottó, Bereczky Ákos: Oxy-fuel tüzelés vizsgálata a gázmotor alapú P2G rendszerű metán előállító technológia számára, ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/1-2, 2023*
- [14] *Hujber Ottó: Gázmotor alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia szintetikus földgáz előállítására, ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/1-2, 2023*
- [15] *Wantuchné dr. Dobi Ildikó: Megújuló energiaforrások, OMSZ_20180726_1100_megujulo*