DOI 10.52209/1609-1825_2024_2_480 ӘОЖ 681.11.031.12

Күн фотоэлектрлік панеліне немесе жел турбинасына қосылған сілтілі электролиз жүйесінде сутегі өндірісін модельдеу

[1]**САНАТОВА Тоты Сабировна,** *т.ғ.к., доцент, t.sanatova@aues.kz,*
[1]**АБИКЕНОВА Асель Амангелдиевна,** *т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, a.abikenova@aues.kz,*
[1]***БЕГИМБЕТОВА Айнур Серикбаевна,** *PhD, институт директоры, a.begimbetova@aues.kz,*
[1]**ШАБХАТОВ Ақылжан Болатұлы,** *магистрант, a.shabkhatov@aues.kz,*
[1]**АБЖАЛ Дана Қанатқызы,** *преподаватель, d.abzhal@aues.kz,*
[1]*«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1, Алматы, Қазақстан,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала жаңартылатын энергияны сақтау және өндіру бойынша зерттеулер саласына жатады. Жаңартылатын энергия көздерін қарқынды дамыту жолындағы негізгі кедергілердің бірі өндірілетін энергияны аз шығынмен және жақсы тиімділікпен өндіру және сақтау болып табылады. Жаңартылатын энергия көздерінен сутегі өндіру өзекті шешім болып табылады. Бұл ғылыми жұмыста күн жүйесі (фотоэлектрлік) және жел турбиналары секілді жаңартылатын энергия көздерінен электролиз арқылы сутегі өндірісінің қабілеті бағаланады. Қолданылатын әдістемелік тәсіл күн панелімен немесе жел турбинасымен байланысты сілтілі электролизерді модельдеуге негізделген. MatLab/Simulink платформасында алынған модельдеу нәтижелері сутегі өндірісінің орташа қабілеті фотоэлектрлік панельден қуат алу үшін 0,55 м^3/сағ деп бағаланғанын көрсетеді, бұл орташа энергия тиімділігі 70% және жел турбиналары үшін 0,675 м^3/сағ, орташа энергия тиімділігі 84%-ды құрайды. Бұл нәтижелер осы технологияны ілгерілету қажеттілігін көрсетіп, процестің тиімділігі белгілі әдісті таңдауға байланысты.*

Кілт сөздер: *сутегі, сутегі энергетикасы, жаңартылатын энергия көздері, сақтау, электролизер, өндіріс.*

Кіріспе

Сутегі өндірудің процестері көп және алуан түрлі. Оларға метан конверсиясы (риформинг), көмірді газдандыру, электролиз секілді процестерді жатқызамыз. Сутегіні өндіру тәсілдері химиялық, биологиялық және жаңартылатын процестер арқылы қоршаған ортаға бөлінетін көмірқышқыл газының (CO_2) мөлшеріне байланысты жіктеледі. Мысалы, сутегіні ауқымды мөлшерде өндіру үшін риформинг әдісі жиі қолданылса, электролиз процесімен сутегіні өндірудің пайыздық қатынасы өте төмен. Көмірқышқыл газының (CO_2) шығарындыларын азайту және қазба отын көздерінен тәуелсіз болу үшін жаңартылатын энергия көздерінен өндірілетін сутегінің үлесі алдағы онжылдықта айтарлықтай артуы керек [1]. Сутегіні болашақтың өзекті энергия тасымалдаушысы ретінде санау үшін, бұл отын түрін жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы өндіру қажет [2]. Жалпы, сутегі стандартты температура мен қысым кезінде газ күйіндегі молекулалық қосылыс болып табылады. Ол атмосферада (0,5 ppm) із түрінде болады және ауаға қарағанда тығыздығы төмен. Электролиз арқылы сутегі өндірісі электр химиялық реакцияның нәтижесінде су сутегі мен оттегіге ыдырайды. Бұл сұйық немесе қатты электролитке батырылған екі электрод арқылы тұрақты токтың өтуіне байланысты жүретін процесс. Пайдалануға болатын жаңартылатын энергия көздерінің ішінде күн-фотоэлектрлік және жел – ең өзекті көздер, өйткені олар бүкіл әлемде қол жетімді. Көптеген елдердің үкіметтері энергиямен жабдықтау жүйелеріне неғұрлым орталықтандырылмаған тәсілді ынталандыру арқылы жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды жоғары деңгейге көтеруде [3]. Бұған қоса, дүниежүзіндегі елдер парниктік газдар (ПГ) шығарындыларын қысқарту және 2100 жылға қарай жаһандық орташа температураның көтерілуін 2°С-тан төмен

ұстау мақсатын қойды. Бұл мәселе Францияда өткен 2015 жылғы климаттың өзгеруі жөніндегі БҰҰ конференциясында (COP 21) шешілді. Бұл БҰҰ-ның Климаттың өзгеруі туралы негіздемелік конвенциясы (COP 21) шеңберінде өткізілетін 21-ші конференция және Киото хаттамасы бойынша өткізілген Тараптар кеңесі (CRP – 11) шеңберінде 11-ші конференция. Конференцияның нәтижесі Париж келісімін әзірлеу болды [4].

Фотоэлектрлік панель – бұл жеке күн элементтерінің қосындысы, оның I-V қарқындылық-кернеулік сипаттамасы негізгі күн батареясының сипаттамасымен тікелей байланысты. Әдебиеттерге шолу фотоэлектрлік модульдерді модельдеу туралы кейбір негізгі білімді ұсынады [5]. Симон Куми және т.б. [6] авторлар жақсы күн климаты жағдайында фотоэлектрлік модульдердің өнімділігін бағалау үшін ең көп қолданылатын төрт модельге шолу жасап, бір диодты модель жақсы жұмыс істейтіні анықталған [6]. Фотоэлектрлік панельді электролизерге қосу Токиода (Жапония) зерттелді және сутектің ең үнемді өндірісін қамтамасыз ететін күн сутегі энергетикалық жүйесін жобалау әдісі жасалды [7]. Осыған ұқсас зерттеулер Бейжіңде (Қытай) жүргізілді және жүйенің жұмысын модельдеу үшін динамикалық модель жасалды [8]. Альфредо Урсуа және т.б. авторлардың [9] жұмысында автономды жел электр жүйесіндегі көлемі 1 м^3 сілтілі су электролизерінің жұмысының толық тәжірибелік сипаттамасы және фотоэлектрлік панельдер негізінде берілген. Осы жұмыстардың нәтижесінде орташа энергия тиімділігі шамамен 78% құрады [9]. Әртүрлі бақылаулар нәтижесінде электролизердің жаңартылатын энергия көзінен қоректену тиімділігі сұрағы қарастырыла басталды. Басқаша айтқанда, жаңартылатын энергияға қосылған электролизермен сутегі өндірісінің тиімділігін модельдеумен қарапайым тілмен қалай түсіндіруге болады.

Жүйенің сипаттамасы

Бұл жүйенің сипаттамасы үш аспектіге негізделген. Энергияның негізгі көзі – күн радиациясы немесе жел турбиналары. Процестің ортасында сілтілі электролизер көмегімен таза жасыл сутегі алынады. Күн радиациясын фотоэлектрлік элементтер қабылдайды, олар тізбектей және параллель орналасқан жартылай өткізгіш материалдардан тұратын (негізгі қабат кремний) фотондардың көмегімен радиацияны электр энергиясына айналдырады. Алынған электр энергиясы сілтілі электролиттік ұяшықты қуаттандыру үшін қолданылады. Тұрақты электр тогы анодтың (оң зарядты электрод) жағындағы су арқылы өткенде ол диссоциацияланады (ыдырайды). Бейтарап су молекулалары өз электрондарын анодқа беріп, оң зарядталған сутегі иондарына (H^+) және оттегі молекулаларына (O_2) айналады. Осылайша судан газ тәрізді оттегі бөлінеді. Катод (теріс электрод) жағында анодта түзілген сутегі иондары (H^+) электрондарды қабылдап, бір-бірімен қосылып, сутегі газын (H_2) құрайды. Бұл молекулалар сутегі мен оттегі резервуарларында сақталады. Жел турбиналарының жұмысы желдің кинетикалық энергиясын ротордың механикалық энергиясына айналдыруға негізделген, содан кейін ол электр энергиясына айналады. Жұмыс принципі өте қарапайым: құрылғының осіне бекітілген қалақтардың айналуы генератор роторының айналмалы қозғалысына әкеледі, соның арқасында электр энергиясы пайда болады. Алынған ток айнымалы болып табылады және тұрақты токпен жұмыс істейтін электролизерді қуаттандыру үшін (AC/DC – converter) көмегімен тұрақты токқа түрлендіру керек. Сипатталған энергетикалық жүйенің моделін 1-суреттен көруге болады.

Әдістемелік тәсілді сутегі өндірісінен модельдеумен біздің энергетикалық жүйенің компоненттерінің модельдерінің жиынтығы ретінде жалпылауға болады.

Су электролизіне арналған компоненттерді модельдеу

Электролизерді модельдеу

Электролизер жаңартылатын сутегі жүйесінің орталық негізгі бөлігі болып табылады. Сілтілік технологияны таңдау 2-суретте жалпыланған бірқатар критерийлерге негізделген.

Жоғары температурада және жоғары қысымда сілтілік технология (өзекті технология) қазіргі уақытта 1 А/см^2-ден төмен ағымдағы ток тығыздығы болған кезде ең жақсы газ шығымға ие [11].

Электролизердің сипаттамаларын анықтаудың математикалық моделі

Бұл модель Альхассан Салями және [12] Уллебергтің термодинамикалық моделіне негізделген.

$$H_2O + \text{электр энергиясы} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_2, \quad (1)$$

$$\Delta G = zFV_{\text{рев}}, \quad (2)$$

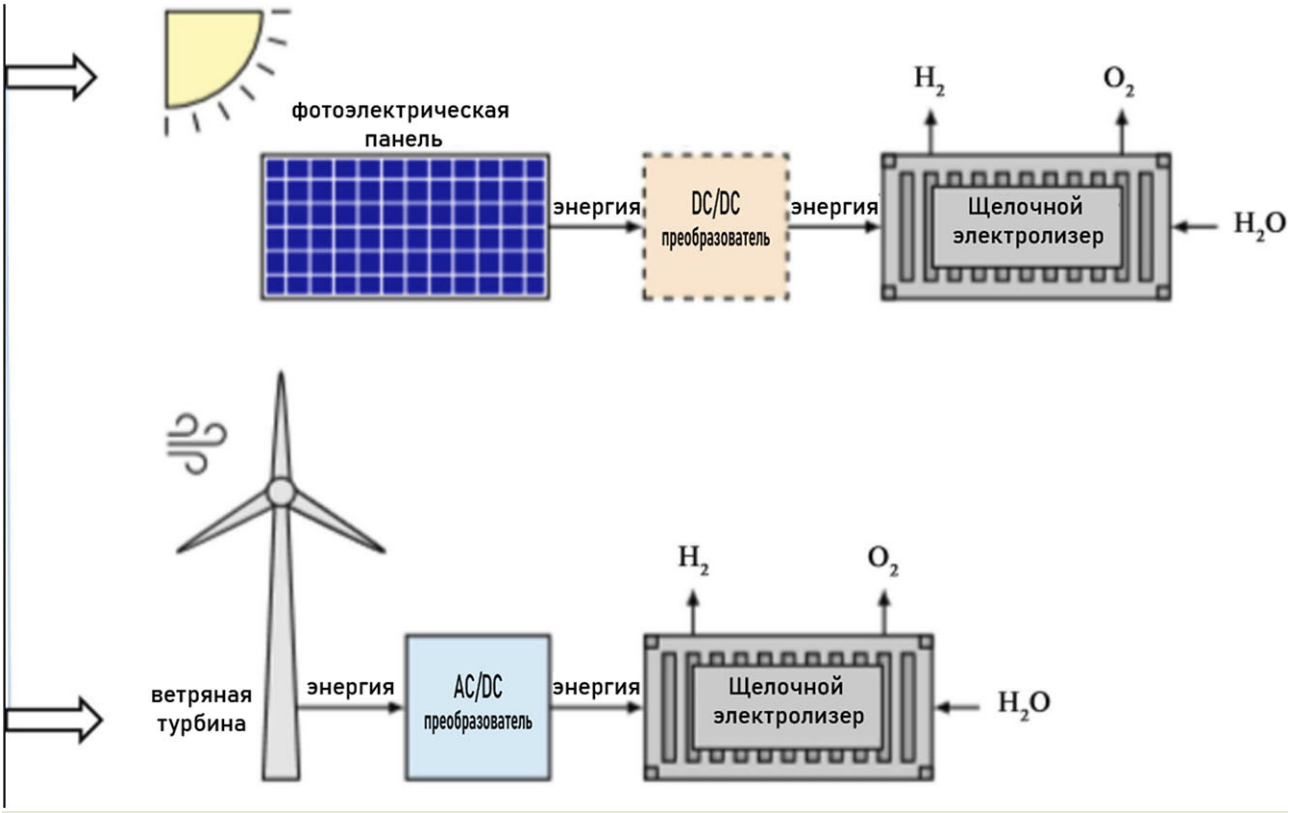
$$V_{\text{рев}} = \frac{\Delta G}{zF}, \quad (3)$$

$$V_{\text{рев}} = \frac{237{,}2\ \text{кДж/моль}}{2 \cdot 96485{,}3\ \text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1}}, \quad (4)$$

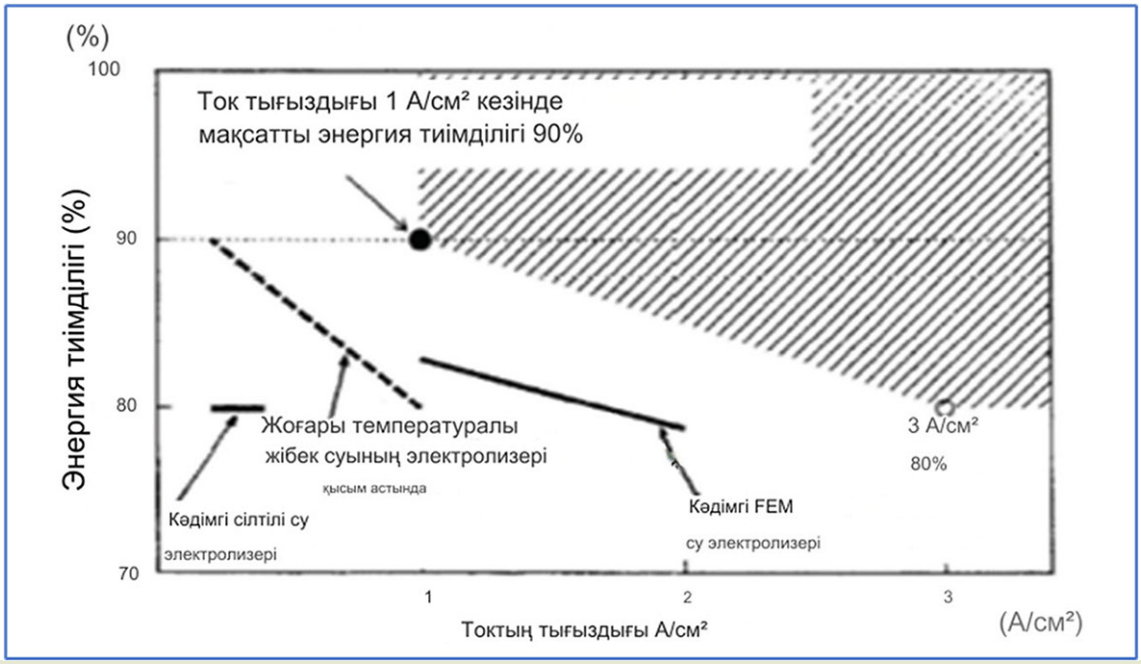
мұнда ΔG – Гиббс энергиясы; z – электрондар саны; F – Фарадей тұрақтысы.

Ұяшықтардағы кернеу мына қатынаспен анықталады:

$$V_{\text{яч}} = V_{\text{рев}} + V_{\text{акт}} + V_{\text{ом}}, \quad (5)$$



1-сурет – Күн және жел энергиясын пайдаланатын сілтілі электролизер [10]



2-сурет – Электролизерлердің әртүрлі технологияларының тиімділігі [12]

мұнда $V_{яч}$ – ұяшықтағы кернеу; $V_{рев}$ – кері кернеу немесе реверсивті; $V_{акт}$ – әр ұяшықтағы кернеу 1,1-1,2 В-қа дейін; $V_{ом}$ – ұяшықтарда туындайтын кернеу мен элетрлік кедергі қатынасы.

$$V_{акт} = s \cdot \log\left(\frac{t_1 + \frac{t_2}{T} + \frac{t_3}{T^2}}{A} I + 1\right). \quad (6)$$

Уллеберг моделін қолдану үшін экспери-

менттер үшін модельденген электролизер осы зерттеуде сутегі жүйесі ретінде таңдалды және оның сипаттамаларын 1-кестеден табуға болады.

Сутегі өндірісінің қабілетін бағалау электролизер құрылғысының сипаттамасын қажет етеді.

Зерттеу негізінде қуаты 3,6 кВт, 8 ұяшықтан тұратын, өлшемі 150 см^2 электролизерді (құрғақ электролизерді) қолдана отырып, оның ерекшелігі сілті технологиядан және «нөлдік саңылау» геометриясынан тұратынын ескере кеткен жөн. Электролит ретінде – калий гидроксидінің 30% массалық концентрациясы. 120 А ток кезінде газ өндірісі 0,8 Нм^3/сағ құрайды (ПӘК 99,7%). Электролизердің құрамындағы сепараторлар 2 қосылған ыдыстан тұрады, олар өндірілген газдар мен электролитті бөлуге мүмкіндік береді. Сепараторлар ұяшықтардың үстінде орналасқан және ішінара сұйық электролитпен толтырылған (КОН 30%), электролит «газлифт» әсерінің арқасында сепараторлардан ұяшықтарға табиғи түрде айналады: газдар ұяшықтар арқылы шығарылады, сепараторларда көтеріледі және электролитті айналымға әкеледі [11].

Күн фотоэлектрлік панелін модельдеу

Модельдеу панелі ретінде PHOTOWATT компаниясынан PW6 110, өлшемі 150 мм × 150 мм, кремний нитридінің шағылысқа қарсы қабаты бар 6 × 12 поликристалды ұяшықтаралынды. Олардың сипаттамалары 2-кестеде келтірілген.

Фотоэлементтер ток немесе тұрақты кернеу шығармайды, бірақ оны іске қосу нүктесіндегі температура мен ағынға байланысты $I(V)$ графигі арқылы анықтайтын жүктеме болады. Бұл графикті (7) теңдеуіне сәйкес модельдеуге болады.

$$I = I_{\text{п}} - I_0\left(e^{\frac{V+R_{\text{пс}}I}{nkT/Q}} - 1\right) - \frac{V+R_{\text{пс}}I}{R_{\text{п}}}, \qquad (7)$$

мұнда I_0 – диодтың қанығу тогы; $I_{\text{о}}$ – фотогенерация тогы; k – Больцмана тұрақтысы (1,381·10^{-23} Дж/К); n – экспонент; Q – элементарлы электр заряды 1,602·10^{-19} Кл; $R_{\text{п}}$ – параллельді кедергі; $R_{\text{пс}}$ – тізбекті кернеу. T – абсолютті температура °К.

Күн фотоэлектрлік панельдері елді мекендегі күн сәулесінің деңгейіне өте тәуелді. Бұл талдау ғаламдық күн радиациясын анықтау арқылы жүзеге асырылады. Панельдердің өлшемін болжау үшін күн сәулесінің орташа деңгейін талдау анықталады. Оңтүстік астана үшін бұл коэффициенттер (коэф. Ангстрем) 3-кестеде көрсетілген.

Бұл тарауда электролизер фотоэлектрлік панельден қуат ала алады деген қорытындыға келдік, енді біз электролизерді жел турбиналарымен қалай қуаттандыруға болатынын зерттейміз, өйткені жел турбиналары да зерттеу тақырыбы болып табылады.

Жел турбиналарын модельдеу

Фотоэлектрлік элементтердің энергиясы күндіз ғана қол жетімді болғандықтан, жел энергиясы жаңартылатын сутегі өндірісі үшін тағы бір маңызды энергия көзі болып табылады. Кәдімгі жел турбиналарын іске асыру

1-кесте – Электролизерлі сүтегі жүйесінің тұрақты өлшемдері

Тұрақты параметрлер	Белгіленуі	Өлшем бірліктері	Мәндері
Кері (реверсивті) кернеу	$V_{\text{рев}}$	В	1,229
Электродтың ауданы	A	м^2	0,25
Фарадей тұрақтысы	F	Кл/моль	96485
Электрондар саны	z		2
Ұяшықтар саны	n		1
Электродтың асқын кернеу коэффициенті	s	В	0,185

2-кесте – PW6 110 панелінің сипаттамасы

PW6 110	Белгіленуі	12 В-ке конфигурация
Белсенді қуат	W	110
Минималды қуат	W	106
Белсенді қуат кернеуі	V	17,2
1000 Вт/м^2 қуат кезіндегі техникалық сипаттамалар		

үшін айнымалы/тұрақты ток түрлендіргіші қажет. Айнымалы/тұрақты ток түрлендіргішінің тиімділігі шамамен 90% болуы керек.

Мысалы, БҰҰДБ/ГЭФ зерттеуін ескере отырып, қалақ радиусы 2 м деп қабылданады, бұл номиналды қуаты 10 кВт жел турбинасы үшін қалақтардың әдеттегі ұзындығы. Кәдімгі жел қондырғыларының тиімділігі Cp = 0,593-мен шектеледі.

MatLab/Simulink бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып модельдеу нәтижелері

Модельдеу (4)-(7) теңдеулеріне негізделген. Жалпы жүйенің энергия тиімділігіне ішкі, экологиялық және географиялық параметрлер әсер етеді.

Қарастырылған әдіснамалық тәсілден кейін графикалық бақылаулармен сипаттау және түсіндіру жүреді.

2018 жылғы MatLab бағдарламалық жасақтамасында (6) және (7) теңдеулерді енгізу 3-суретте көрсетілген графикті алуға мүмкіндік берді.

Әртүрлі графиктердің пішіні және олардың орналасуы ток тығыздығы, сутегі өндірісі және электролизер температурасы арасындағы байланысты анық көрсетеді. Біз сутегі өндірісінің ток тығыздығының жоғарылауымен сызықтық түрде өсетінін көреміз. Алайда температура сутегі өндірісінің жылдамдығына айтарлықтай әсер етпейді.

Алматы қаласындағы модельдеу нәтижелері және қорытынды

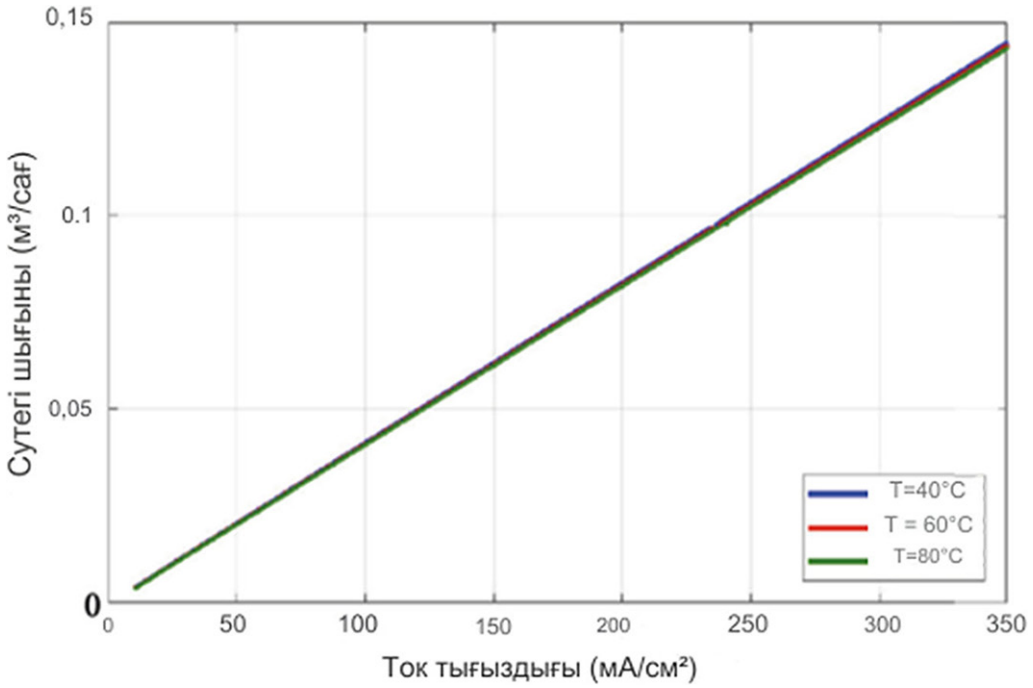
Алматыда жел турбиналарымен жұмыс істейтін сілтілі ұяшықпен жаңартылатын сутегі өндірісін модельдеу жоғарыда келтірілген, біз ұяшық күн фотоэлектрлік панелінен қуат алған кезде де осындай бағалауды жасауымыз керек.

Өндірілген сутегінің мөлшерін әдісте көрсетілген қатынас арқылы бағалауға болады. 4-суретте ақпан және тамыз айларында қол жеткізілген мәндер сәйкесінше 0,46 және 0,67 Нм^3/сағ аралығында өзгеретін сутегі ағынының жылдамдығы көрсетілген.

Жаңартылатын энергия көздері негізінде электролиз әдісімен сутегі өндірісін модельдеу жүргізілді. Алматы қаласының географиялық және экологиялық жағдайында математикалық және жартылай эмпирикалық модельдерге негізделген. Фотоэлектрлік қуат көзі үшін сутегінің орташа жылдық өндіру жылдамдығы 0,55 Нм^3/сағ болатыны көрсетілген; Жел энергиясының көзі үшін

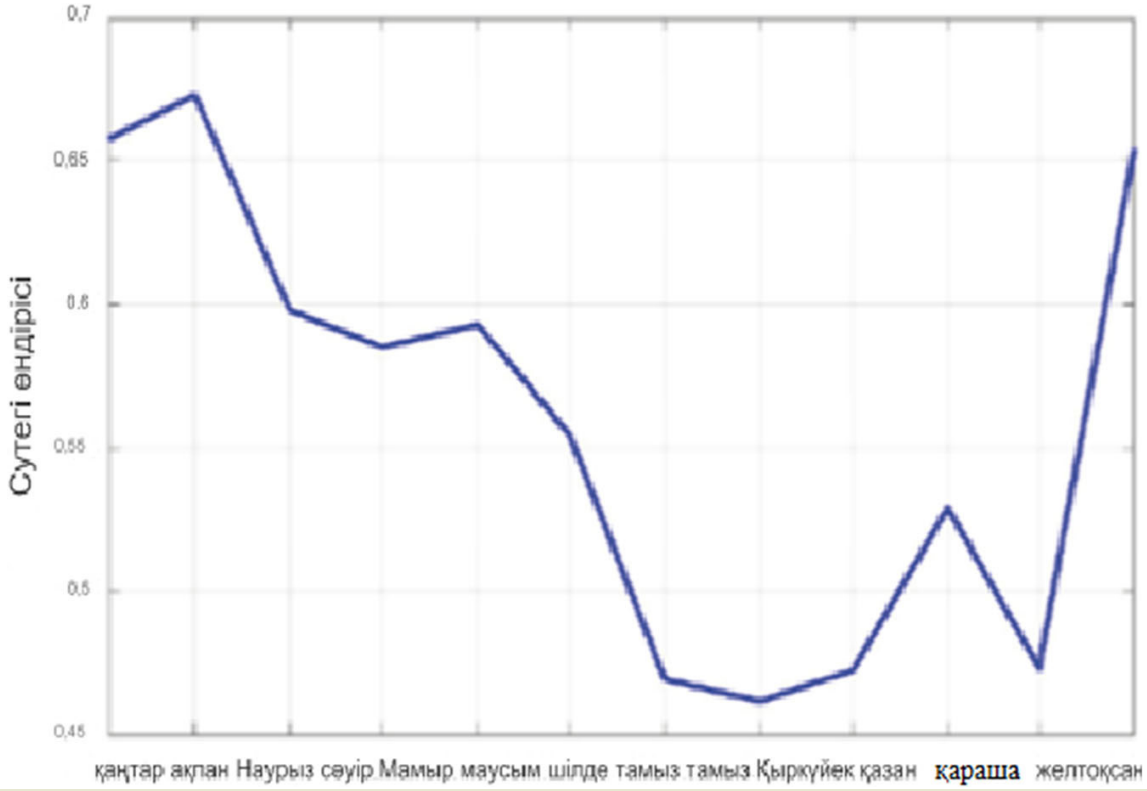
3-кесте – Ангстрем модельдерінен алынған регрессия коэффициенттері

Қала	a	b	c	d
Алматы	-0,6034	5,9653	-11,3126	7,326



3-сурет – Токтың тығыздығы мен температурасының сутегі өндірісіне әсері

0,675 Нм^3/сағ. Бұл электролиттік элементтің энергия тиімділігін сәйкесінше 70% және 84% білдіреді. Алматы және т.б. зерттеуімен салыстырғанда байқалған тиімділік айырмашылығы күн жүйесі үшін сәйкесінше +8% және жел энергиясы жүйесі үшін +6% құрайды. Бұл айырмашылықтарды, бір жағынан, Алматы және т.б. жұмысында күнделікті болатын бақылау кезеңдерімен және метеорологиялық жағдайдағы айырмашылықтармен түсіндіруге болады. Жаңартылатын көздерден сутегі өндірісінің әртүрлі профильдері байқалғаннан кейін көздерді біріктіру болашағын қарастыруға болады. Мұны істеу үшін алдымен біраз зерттеулер жүргізу керек. Өндірілген сутекті энергия көзі ретінде пайдалану үшін сақтау керек. Сонымен қатар, бұл жұмыста сутегі өндірісімен байланысты қауіпсіздік және реттеу аспектілері, сондай-ақ мұндай энергетикалық жүйенің инвестициялық шығындары қарастырылмаған.



4-сурет – Ай бойынша сутегі өндірісінің мөлшері (фотоэлектрлік панельдер мен жел турбиналарының орташа мәндері)

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Амрауи, А., Бенюсеф, Б. и Хассейн, Л. (2018). Эксперимент и моделирование электролитического производства водорода: пример прямого подключения фотоэлектрической установки к электролизеру. Международный журнал водородной энергетики, 43, 3441-3450. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.11.035
2. Браунс Дж. и Турек Т. (2020). Электролиз щелочной воды на основе возобновляемых источников энергии: Обзор. Процессы, 8, 248. https://doi.org/10.3390/pr8020248
3. Джараликар С.М. и Аруна М. (2011). Тематическое исследование гибрида (ветра и Солнца) электростанция. Телкомника, 9, 19.
4. (Переговоры по Парижскому соглашению: инсайдерские истории. – Кембридж, Великобритания, 2021. – 1 интернет-ресурс с. – ISBN 978-1-108-88624-6, 1-108-88624-8). Negotiating the Paris Agreement: the insider stories. – Cambridge, United Kingdom, 2021. – 1 online resource p. – ISBN 978-1-108-88624-6, 1-108-88624-8.

5. Войт А., Найс Дж. и Бельманс Р. (2003). Частичное затенение фотоэлектрических решеток с различными конфигурациями систем: обзор литературы и результаты полевых испытаний. lar Energy, 74, 217-233. https://doi.org/10.1016/S0038-092X (03)00155-5
6. Саймон К.Н., Донатьен Н. и Иноусса М.М. (2012). Сравнение прогнозных моделей производительности фотоэлектрических модулей в условиях тропического климата. Телкомника, 10, 245-256. https://doi.org/10.12928/telkomnika.v10i2.783
7. Тани Т. и др. (2000). Оптимизация солнечных водородных систем на основе затрат на производство водорода. Солнечная энергия, 68, 143-149. https://doi.org/10.1016/S0038-092X (99)00061-4
8. Су, З. и др. (2014). Оптимизация и анализ чувствительности системы прямого подключения фотоэлектрического электролизера в Пекине // Международный журнал водородной энергетики, 39, 7202-7215. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.02.136
9. Урсуа А. и др. (2013). Автономная работа электролизера щелочной воды, питаемого от ветровых и фотоэлектрических систем // Международный журнал водородной энергетики, 38, 14952-14967. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.09.085
10. Халилнеджад А. и Риахи Г. (2014). Эффективность гибридной ветроэлектрической системы при исследовании с целью максимального производства и хранения водорода с использованием усовершенствованного щелочного электролизера. Преобразование энергии и управление ею, 80, 398-406. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.040

Моделирование производства водорода в щелочной электролизной системе, соединенной с солнечной фотоэлектрической панелью или ветряной турбиной

[1]***САНАТОВА Тоты Сабировна,*** *т.ғ.к., доцент, t.sanatova@aues.kz,*
[1]***АБИКЕНОВА Асель Амангелдиевна,*** *т.ғ.к., зав. кафедрой, a.abikenova@aues.kz,*
[1]****БЕГИМБЕТОВА Айнур Серикбаевна,*** *PhD, директор института, a.begimbetova@aues.kz,*
[1]***ШАБХАТОВ Ақылжан Болатұлы,*** *магистрант, a.shabkhatov@aues.kz,*
[1]***АБЖАЛ Дана Қанатқызы,*** *преподаватель, d.abzhal@aues.kz,*
[1]НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. А. Байтурсынова, 126/1, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Данная статья относится к области исследований по хранению и производству возобновляемой энергии. Одним из основных препятствий для быстрого развития возобновляемых источников энергии является производство и хранение произведенной энергии по низкой цене и с хорошей эффективностью. Производство водорода из возобновляемых источников энергии является перспективным решением. В данной работе оценивается потенциал производства водорода путем электролиза из солнечных (фотоэлектрических) и ветровых возобновляемых источников энергии. Используемый методологический подход основан на моделировании щелочного электролизера, связанного с солнечной панелью или ветровой турбиной. Результаты моделирования, полученные на платформе MatLab/Simulink, показывают, что средний потенциал производства водорода оценивается 0,55 м^3/ч для питания от фотоэлектрической панели, что соответствует средней энергоэффективности 70%, и 0,675 м^3/ч для ветряных турбин, что соответствует средней энергоэффективности 84%. Эти результаты показывают необходимость продвижения этой технологии, эффективность которой может быть улучшена в зависимости от выбранного метода.*

Ключевые слова: *водород, водородная энергетика, возобновляемые источники энергии, хранение, электролизер, производство.*

Simulation of Hydrogen Production in an Alkaline Electrolysis System Connected to a Solar Photovoltaic Panel or Wind Turbine

[1]***SANATOVA Tota,*** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, t.sanatova@aues.kz,*

[1]**ABIKENOVA Asel,** *Cand. of Tech. Sci., Head of Department, a.abikenova@aues.kz,*
[1]***BEGIMBETOVA Ainur,** *PhD, Director of Institute, a.begimbetova@aues.kz,*
[1]**SHABKHATOV Akylzhan,** *Master's Student, a.shabkhatov@aues.kz,*
[1]**ABZHAL Dana,** *Teacher, d.abzhal@aues.kz,*
[1]*NPJSC «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev», A. Baitursynova Street, 126/1, Almaty, Kazakhstan,*
**corresponding author.*

Abstract. *This article relates to the field of research on the storage and production of renewable energy. One of the main obstacles to the rapid development of renewable energy sources is the production and storage of produced energy at a low price and with good efficiency. Hydrogen production from renewable energy sources is a promising solution. In this paper, the potential of hydrogen production by electrolysis from solar (photovoltaic) and wind renewable energy sources is estimated. The methodological approach used is based on modeling an alkaline electrolyzer connected to a solar panel or wind turbine. The simulation results obtained on the MatLab/Simulink platform show that the average hydrogen production potential is estimated at 0.55 m^3/h for photovoltaic panel power, which corresponds to an average energy efficiency of 70%, and 0.675 m^3/h for wind turbines, which corresponds to an average energy efficiency of 84%. These results show the need to promote this technology, the effectiveness of which can be improved depending on the choice of method.*

Keywords: *hydrogen, hydrogen energy, renewable energy sources, storage, electrolyzer, production.*

REFERENCES

1. Amraoui, A., Benyussef, B. and Hassein, L. (2018). Experiment and modeling of electrolytic hydrogen production, 43, 3441-3450. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.11.035
2. Browns J. and Turek T. (2020). Electrolysis of alkaline water based on renewable energy sources: An overview. Processes, 8, 248. https://doi.org/10.3390/pr8020248
3. Jaralikar S.M. and Aruna M. (2011). A case study of a hybrid (wind and Solar) power plant. Telkomnika, 9, 19.
4. (Paris Agreement Negotiations: Insider Stories. – Cambridge, UK, 2021. – 1 Internet resource p. – ISBN 978-1-108-88624-6, 1-108-88624-8). Negotiating the Paris Agreement: the insider stories. – Cambridge, United Kingdom, 2021. – 1 online resource p. – ISBN 978-1-108-88624-6, 1-108-88624-8.
5. Voit A., Nice J. and Bellmans R. (2003). Partial shading of photovoltaic arrays with various system configurations: literature review and field test results. lar Energy, 74, 217-233. https://doi.org/10.1016/S0038-092X (03)00155-5
6. Simon K.N., Donatien N. and Inoussa M.M. (2012). Comparison of predictive performance models of photovoltaic modules in a tropical climate. Telkomnika, 10, 245-256. https://doi.org/10.12928/telkomnika.v10i2.783
7. Tani T. et al. (2000). Optimization of solar hydrogen systems based on the cost of hydrogen production. Solar Energy, 68, 143-149. https://doi.org/10.1016/S0038-092X (99)00061-4
8. Su, Z. et al. (2014). Optimization and sensitivity analysis of the direct connection system of a photovoltaic cell in Beijing // International Journal of Hydrogen Energy, 39, 7202-7215. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.02.136
9. Ursua A. et al. (2013). Autonomous operation of an alkaline water electrolyzer powered by wind and photovoltaic systems // International Journal of Hydrogen Energy, 38, 14952-14967. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.09.085
10. Khalilnejad A. and Riahi G. (2014). Efficiency of a hybrid wind-electric system in the study for maximum production and storage of hydrogen using an advanced alkaline electrolyzer. Energy Conversion and Management, 80, 398-406. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.040