

dr inż. Jakub Grela

Magazyny energii

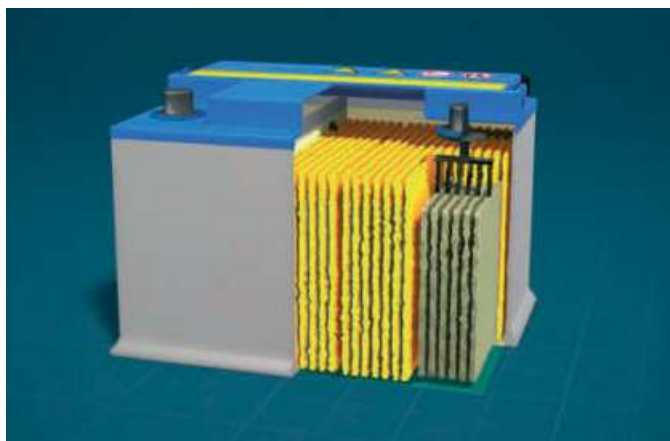
Zarówno w obliczu ciągle wzrastającej populacji Ziemi oraz zawirowań związanych z sytuacją makroekonomiczną na świecie, możliwe jest wystąpienie różnego stopnia i rodzajów kryzysów energetycznych, czego skutkiem mogą być zaburzenia w dostawach energii. Obserwowane, w naszej części świata, nawet obecne wydarzenia spowodowały istotny wzrost znaczenia instalacji OZE. Instalacje tego typu zapewniają produkcję energii elektrycznej, która może być wykorzystywana przez użytkowników do celów własnych (autokonsumpcja), a ewentualne nadwyżki wyprodukowanej energii magazynowane (sprzedawane) są do sieci elektroenergetycznej, często z powodu braku lokalnego sposobu magazynowania energii. Należy jednak pamiętać, iż generatory OZE nie produkują energii elektrycznej całą dobę – panele fotowoltaiczne generują energię elektryczną tylko w przypadku, gdy na zewnątrz jest słonecznie, a generatory wiatrowe tylko gdy wiatr „wieje z odpowiednią siłą”. Oznacza to, iż w przypadku zaburzonych dostaw energii z sieci elektroenergetycznej, użytkownik (gospodarstwo domowe) nie ma pewności, że jego instalacja OZE zapewni mu ciągły dostęp do przecież tak niezbędnej obecnie energii. Tego typu instalacje mogą oprócz redukcji kosztów użytkowania energii dodatkowo zwiększać poziom autonomii energetycznej obiektu. Nasuwającym się rozwiązaniem tego typu problemów są magazyny energii, które w ostatnim czasie znacznie zyskują na popularności. Ze względu na opisane wcześniej problemy, coraz więcej producentów dodaje do swojej oferty różnego rodzaju magazyny energii, o różnej pojemności, składające się z różnego rodzaju ogniw oraz co najważniejsze z różnych „pólek cenowych”. W niniejszym artykule przedstawiono najpopularniejsze, wśród stosowanych obecnie rodzajów magazynów energii – opisano zasadę ich działania oraz potencjalne wady i zalety każdego z tych rozwiązań. Pochylnono się również nad tematyką doboru pojemności magazynu do wielkości instalacji OZE oraz średniego zużycia energii przez obiekt.

Rodzaje banków ze względu na stosowane ogniwa i bezpieczeństwo ich użytkowania pod kątem ewentualnego zapłonu.

Rynek akumulatorów wydaje się być bardzo zróżnicowany. Pojawiają się ciągle to nowe doniesienia nad pracami w zakresie nowoczesnych, rewolucyjnych technologii magazynowania energii, jednak z punktu widzenia użytkowego, obecnie dostępna oferta to swoistego rodzaju różne warianty stosowanych wcześniej do tego celu rozwiązań i wykorzystywanych pierwiastków chemicznych. Tego typu eksperymenty pozwalają na uzyskanie optymalnych z punktu widzenia nakładów finansowych, żywotności i sprawności ogniw kombinacje. Jednak, pomimo iż istnieje wiele, różnego rodzaju akumulatorów, w magazynach energii powszechnie stosowane są dwa rodzaje ogniw:

- **Ogniwa ołowiowo-kwasowe** (rysunek nr 1) - są to najpopularniejsze i najtańsze źródła magazynowania energii. Zostały wynalezione w drugiej połowie XIX wieku i od tego czasu ich konstrukcja i zasada działania nie zmieniła się w sposób znaczący. Są one powszechnie stosowane do napędów elektrycznych np. wózków widłowych lub skuterów elektrycznych oraz jako źródło zasilania w samochodach spalinowych, w których współpracują z alternatorem, który zapewnia im ciągłe ładowanie podczas pracy silnika spalinowego. Znajdują one również zastosowanie jako źródło awaryjnego zasilania urządzeń elektrycznych w zastosowaniach domowych (UPS) jak i większych serwerowni. Akumulatory ołowiowo-kwasowe można podzielić na kilka rodzajów. Pierwszym z nich są **klasyczne** ogniwa, które, należy napęlnić elektrolitem o odpowiedniej gęstości, przed pierwszym użyciem, a następnie dolewać do nich wody destylowanej, w momencie, gdy jego poziom spadnie poniżej minimum. Tego typu ogniwa posiadają własne korki, przez które uzupełnia się poziom elektrolitu. Ogniwa te są odporne na przeładowania. W momencie, gdy to nastąpi część wody zamienia się w tlen i ulatnia się w postaci gazu, wcześniej wspomnianym korkiem. Są to og-

niwa, które z powodzeniem można stosować w magazynach energii, ponieważ wykazują się dużą odpornością na warunki fizyczne oraz są najtańsze w zakupie. Jednak wymagają one obsługi przez użytkownika – sprawdzania gęstości elektrolitu oraz uzupełniania jego poziomu. Innym rodzajem akumulatorów ołowiowo-kwasowych są akumulatory typu **VRLA**. Wśród nich możemy wyróżnić popularniejsze **AGM** oraz nieco mniej popularne **akumulatory żelowe**. Akumulatory tego typu są znacznie bezpieczniejsze w użytkowaniu niż ogniwa klasyczne – podczas normalnego użytkowania nie wydzielają z nich kwas. Kwas wydzielają się jedynie w momencie, gdy ogniwa zostaną przeładowane. Akumulatory do tego celu, posiadają dedykowane korki, przez które wydzielają się kwas. Różnica w budowie pomiędzy akumulatorami AGM, a akumulatorami żelowymi powoduje, iż akumulatory AGM mogą pracować z większymi wartościami prądu rozładowania, natomiast akumulatory żelowe cechują się dłuższą żywotnością (większa liczba cykli ładowania i rozładowania). Podobnie znajdują one zastosowanie jako źródło awaryjnego zasilania urządzeń elektrycznych, w samochodach posiadających funkcję start/stop czy instalacjach fotowoltaicznych.



Rysunek 1: Ogniw kwasowe

- **Ogniwa litowo-jonowe** (rysunek nr 2) – zaliczają się do grupy ogniwo elektrochemicznych, które magazynują i oddają energię elektryczną w wyniku odwracalnych reakcji chemicznych. Największą zaletą i przewagą tego typu ogniwo nad ogniwami kwasowymi jest ich wysoka sprawność, oraz duża gęstość mocy. Tego typu baterie stosowane są w urządzeniach elektronicznych typu smartfony i laptopy oraz w elektromobilności – samochodach hybrydowych lub w pełni elektrycznych. W ostatnich latach można zaobserwować znaczny spadek cen tych ogniwo, jednak w przypadku domowych magazynów energii zdecydowanie się na tego typu magazyny, może w znacznym stopniu wydłużyć okres zwrotu z inwestycji. Jednak coraz częściej pojawiają się różnego rodzaju inicjatywy i sposoby dofinansowania zakup takiego rodzaju magazynów, co w znacznym stopniu poprawia opłacalność instalacji z ich udziałem. Akumulatory litowe są znacznie bardziej bezpieczne, wytrzymują wyższe obciążenia oraz ich żywotność jest znacznie dłuższa, niż ma to miejsce w przypadku ogniwo kwasowych. Ponadto zajmują one mniej

miejsca (wspomniana wyższa gęstość energii), niż akumulatory kwasowe, co może być kluczowe w przypadku zwłaszcza mniejszych domów jednorodzinnych.



Rysunek 2: Ogniw litowo-jonowe

- **Ogniwa LiFePO4** (rysunek nr 3) – ostatnio zyskujące na popularności są akumulatory litowo-żelazowo-fosforanowe. Są one rodzajem ogniwo litowo-jonowych o dużej mocy. Łączą ze sobą zalety wysokiej wydajności prądowej, długiego czasu eksploatacji – ich żywotność sięga kilku tysięcy cykli ładowania i rozładowania. Dodatkowo tego typu ogniwa cechują się zwiększoną odpornością na niskie temperatury. Ujemne temperatury powietrza mają negatywny wpływ na pojemność, która potrafi spaść nawet o kilkanaście procent w przypadku ogniwo kwasowych i litowych. W przypadku akumulatorów LiFePO4 gradacja ta jest znacznie niższa. Ponadto ich niewielki rozmiar w stosunku do pojemności pozwala na zastosowanie ich w małych obiektach wyposażonych w instalację OZE (np. domy letniskowe), których powierzchnia nie przekracza często 35m². Ich wadą jest stosunkowo niski prąd rozładowania, co oznacza, że nie można nim zasilать odbiorników o dużej mocy, jednak w przypadku zastosowania banku o odpowiednio wysokiej pojemności powinno być wystarczające do zasilania urządzeń pracujących w gospodarstwie domowym. Magazyny wykonane z tych ogniwo określa się mianem bezpieczniejszych niż ma to miejsce w przypadku ogniwo litowo-jonowych, którym przytrafiły się przypadki wybuchania – powszechnie znana historia światowego producenta telefonów komórkowych czy komputerów przenośnych.



Rysunek 3: Ogniw LiFePO4

Podsumowując – ogniwa litowe są znacznie lepsze w ujęciu magazynów energii. Są one bezobsługowe, nie zachodzi w nich

proces gazowania i nie trzeba pilnować poziomu oraz gęstości elektrolitu. Ponadto ich żywotność jest znacznie dłuższa niż ma to miejsce w przypadku rozwiązania alternatywnego – akumulatorów kwasowych oraz posiadają większą gęstość mocy – magazyn energii złożony z akumulatorów litowych, będzie zajmować znacznie mniej miejsca niż magazyn o takiej samej pojemności, składający się z ogniw kwasowych. Jedyną, ale nie mniej istotną, przewagą ogniw kwasowych nad litowymi jest cena. Ze względu na konieczność stosowania skomplikowanych układów BMS (ang. Battery Management System – system zarządzania akumulatorem), których zadaniem jest monitorowanie i nadzór nad pracą poszczególnych ogniw oraz samych kosztów produkcji celi, cena magazynu składającego się z ogniw litowych może być nawet kilkukrotnie wyższa, niż ma to miejsce w przypadku ogniw kwasowych. Nawet uwzględniając żywotność oraz bezobsługowość tego typu magazynów, okres zwrotu z inwestycji jest w dalszym ciągu i tak dłuższy niż ma to miejsce w przypadku ogniw kwasowych. Jednakże kwestię bezpieczeństwa oraz bezobsługowości ogniw litowych często przeważają nad aspektem ekonomicznym. Z tych względów producenci magazynów oraz ich użytkownicy obecnie w większości przypadków decydują się na wykorzystanie ogniw litowych. W związku z tym dalsza część artykułu będzie się skupiała głównie wokół magazynów energii opartych o tego rodzaju ogniwa.

Bardzo ważnym elementem, o którym koniecznie należy pamiętać podczas wyboru magazynu energii jest ochrona przeciwpożarowa i odgromowa. W przypadku, gdy instalacja OZE wyposażona w magazyn energii jest ubezpieczona, warunkiem koniecznym jest wyposażenie jej w system ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony odgromowej. Instalacja tego typu musi zostać wykonana na podstawie zapisów ogólnych warunków ubezpieczenia, które w sposób jasny opisują wytyczne jak i niezbędne do zastosowania elementy. Należy pamiętać, iż niewłaściwe wykonanie instalacji ochronnej oraz samej instalacji OZE z przydomowym magazynem energii może stanowić podstawę do odmowy likwidacji szkody i uznania roszczenia.

Przyjmuje się, że najlepszym sposobem ochrony odgromowej obiektów wyposażonych w instalację OZE z przydomowym magazynem energii jest montaż zewnętrznego systemu ochrony odgromowej. Jego zadaniem jest przechwycenie prądu wyładowania atmosferycznego (piorunowego) i przekazanie go do systemu uziemienia. Dokładne wymagania co do budowy tego typu systemów są przedstawione w serii norm PN-EN 62305 (Ochrona odgromowa). Kluczowym elementem tego typu instalacji jest zachowanie odstępu separującego pomiędzy generatorami OZE oraz innymi elementami znajdującymi się na dachu. Prowadzi to do znacznego zmniejszenia wystąpienia różnego rodzaju zagrożeń przepięciowych i pożarowych, gdyż zapewnia ono izolację pomiędzy poszczególnymi elementami zamontowanymi na dachu. Innym, równie ważnym elementem ochronnym tego typu instalacji jest zastosowanie połączenia wyrównawczego. Jego zadaniem jest minimalizacja różnicy potencjałów pomiędzy elementami instalacji umieszczonymi na dachu oraz wewnątrz obiektu.

W przypadku ochrony przeciwpożarowej magazynów energii składających się z akumulatorów litowych, należy pamiętać o kilku ważnych praktykach mających istotny wpływ na bezpieczeństwo:

- Magazyn powinien znajdowywać się w pomieszczeniu nie przeznaczonym na stały pobyt ludzi, wyposażonym w system wentylacyjny oraz czujnik dymu.
- W przypadku montażu magazynu w garażu (często wybierane pomieszczenie) należy zadbać o ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi.
- W przypadku montażu magazynu energii w pomieszczeniach poniżej gruntu (piwnica) zaleca się wykorzystanie podwyższenia.
- Należy wyposażyć pomieszczenie w gaśnicę.
- W przypadku magazynów o dużej pojemności zadbać o to, aby rozdzielić magazyn na sekcję, których pojemność nie przekracza 50 kWh.
- Należy zachować odstęp minimum 1 metra od materiałów łatwopalnych oraz elementów składowych instalacji (np. sekcję z akumulatorami) z wyjątkiem połączeń kablowych pomiędzy poszczególnymi elementami instalacji.

Dobór magazynu energii do potrzeb użytkownika.

Pojemność magazynu energii powinna być dobierana w zależności od wielkości instalacji PV oraz potencjalnego zużycia energii elektrycznej w obiekcie. W uproszczeniu można przyjąć, iż moc instalacji fotowoltaicznej jest dobrana w taki sposób, aby jej roczna produkcja całkowicie pokryła roczne zużycie energii przez obiekt. Wyróżnić można trzy scenariusze:

- Dla osób, które zużywają większość energii elektrycznej w godzinach porannych oraz wieczornych. W tym przypadku momenty, w których pobór energii jest najwyższy nie pokrywa się z momentami, w których produkcja energii jest najwyższa. Dla tego typu użytkowników – przyjmując się, iż magazyn powinien mieć pojemność 40% średniego dziennego zużycia energii przez obiekt liczonego na przestrzeni roku.
- Dla osób, które zużywają większość energii elektrycznej w ciągu dnia. W tym przypadku profil zużycia energii pokrywa się w znacznym stopniu z produkcją energii z paneli fotowoltaicznych, w związku z czym pojemność magazynu może być niższa, niż ma to miejsce we wcześniej opisywanym przypadku – przyjmuje się 30% średniego dziennego zużycia energii przez obiekt liczonego na przestrzeni roku. Jednak poprzez zwiększanie świadomości użytkowników i stosowanie systemów zarządzania energią w obiekcie wartość tą można dodatkowo obniżyć.
- Ostatnim scenariuszem są instalacje off-gridowe (bez stałego podłączenia do sieci elektrycznej). Są one najczęściej spotykane w domkach letniskowych, znajdujących się w miejscach, do których infrastruktura sieciowa nie została doprowadzona lub w obiektach mobilnych takich jak kampery, łodzie czy houseboaty. W przypadku tych instalacji (przez większość czasu lub zawsze) jedynym źródłem energii elektrycznej są odnawialne źródła energii. Aby móc zapewnić ciągłość pracy

urządzeń elektrycznych wewnątrz obiektu koniecznym jest zamontowanie magazynu energii. W tego typu instalacjach nie przyjmuje się żadnych norm odnośnie doboru pojemności magazynu energii – jest ona mocno zależna od zakładanego czasu autonomii energetycznej obiektu. W związku z tym zaleca się wykorzystanie jak największych magazynów energii.

W Internecie, na stronach dostawców oraz wykonawców tego typu instalacji dostępne są różnego rodzaju kalkulatory, które umożliwiają oszacowanie należytych wartości pojemności magazynu energii dla użytkownika, na podstawie danych dotyczących zużycia energii, mocy i rodzaju instalacji OZE oraz własnych preferencji – zdjęcia przykładowych kalkulatorów, dostępnych w sieci przedstawiono na rysunkach nr 4 i 5.

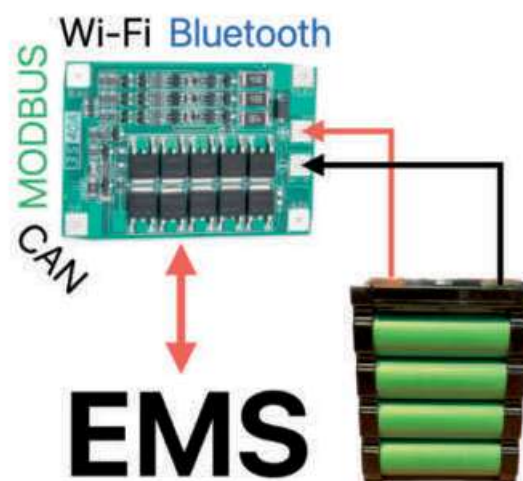


Rysunek 4: Przykładowy kalkulator obliczający pojemność magazynu energii

Rysunek 5: Przykładowy kalkulator obliczający pojemność magazynu energii

Pojemność nie jest jedynym czynnikiem, na który należy zwrócić uwagę podczas doboru magazynu energii. Kluczowym elementem jest możliwość współpracy z posiadanym inwerterem – aby możliwa była instalacja magazynu energii koniecznym jest posiadanie inwertera hybrydowego lub off-gridowego, które posiadają możliwość podłączenia akumulatorów – zarówno ich ładowania oraz pobierania z nich energii. Cena tego typu urządzeń jest wyższa niż w przypadku klasycznych inwerterów. Należy mieć to na uwadze podczas inwestycji lub modernizacji przydomowej instalacji OZE. Montaż magazynu energii w tym samym czasie co instalacji fotowoltaicznej pozwoli obniżyć koszt inwestycji w magazyn energii nawet do 30% - oszczędności te są związane z brakiem konieczności wymiany inwertera oraz przeprowadzania dodatkowych prac

montażowych. W przypadku braku możliwości wykonania instalacji w tym samym czasie warto przewidzieć możliwość jej integracji na etapie wykonywania projektu i doboru elementów składowych instalacji odnawialnego źródła energii – pozwoli to na uzyskanie kilkuprocentowych oszczędności względem prze rabiania instalacji do tego nieprzystosowanej. Oprócz połączenia zapewniającego przepływ prądu między akumulatorami i inwerterem, istotna jest możliwość wymiany danych pomiarowych pomiędzy nim, a bankiem energii. Magazyny energii budowane w oparciu o ogniwa litowe posiadają swoje własne układy BMS (Battery Management System), które zarządzają odpowiednim ładowaniem i rozładowywaniem poszczególnych ogniw, w celu wydłużenia ich żywotności oraz uniknięcia awarii. Układy BMS często wyposażane są w możliwość komunikacji za pomocą różnego rodzaju powszechnie stosowanych protokołów transmisji danych. Obsługa komunikacji oraz wsparcie konkretnego magazynu energii przez posiadany inwerter jest istotną cechą, która może mieć kluczowe znaczenie w poprawie jakości współpracy magazynu energii z instalacją OZE. Ponadto w budynkach często stosowane są instalacje automatyki oraz osobne, dedykowane systemy EMS (ang. Energy Management System – system zarządzania energią). Możliwość integracji magazynu energii z tego typu instalacjami pozwala na monitorowanie i wyświetlanie informacji na temat parametrów pracy oraz przepływu energii oraz umożliwia optymalizację pracy całej instalacji w budynku – zostało to przedstawione na rysunku nr 6.



Rysunek 6: Poglądowy schemat układu BMS nadzorującego pracę ogniw litowo-jonowych z różnymi opcjami komunikacji i współpracy z systemem zarządzania energią (EMS).

Kalkulacja korzyści i okres zwrotu z inwestycji dla gospodarstwa domowego (dodatkowo np. z założeniem użytkowania samochodu elektrycznego).

Pomimo znacznego spadku cen, zakup magazynu energii zbudowanego z ogniw litowych wiąże się z dość sporym wydatkiem. W tabeli nr 1 przedstawiono szacunkowe koszty (marzec 2023) zakupu magazynu energii typu plug&play, w zależności od jego mocy znamionowej oraz pojemności.

Tabela 1: Szacunkowe koszty zakupy magazynu energii

Moc znamionowa [kW]	Pojemność [kWh]	Przedział cenowy [PLN]
3	2,4	12 000 – 21 000
3	4,8	21 000 – 33 000
4,2	5,1	33 000 – 43 000
5	10	43 000 – 57 000
10	10	49 000 – 60 000

Na podstawie przeglądu cen rynkowych magazynów energii można zaobserwować, iż wraz ze wzrostem pojemności magazynu spada jego cena, w przeliczeniu na 1 kWh. W przypadku niższych pojemności (do 5 kWh) cena ta oscyluje na poziomie 5 000 – 6 000 zł, natomiast w przypadku pojemności powyżej 7 kWh, cena ta spada do poziomu 4 000 – 5 000 zł.

Osoby prywatne, chcące zamontować instalację fotowoltaiczną z magazynem energii lub rozszerzyć istniejącą instalację o magazyn energii mają możliwość skorzystania z programu dopłat Mój Prąd - jest to popularny program umożliwiający dofinansowanie instalacji OZE, magazynów energii oraz systemów zarządzania energią. W kwietniu 2023 roku została uruchomiona już 5 edycja programu. W ramach tej edycji można pozyskać następujące możliwości dofinansowania (kwota dofinansowania nie może przekroczyć wartości 50% inwestycji i jest udzielana na zakończone inwestycje):

- Do 6 000 zł na panele fotowoltaiczne,
- Do 7 000 zł na panele fotowoltaiczne plus komponenty,
- Do 16 000 zł na panele fotowoltaiczne z magazynem energii,
- Do 3 000 zł na system zarządzania energią,
- Do 5 000 zł na magazyn ciepła.

W przypadku firm również istnieje możliwość sfinansowania tego typu instalacji. Przedsiębiorstwa mogą skorzystać z programu „Energia Plus”. Program ten umożliwia uzyskanie bezwrotnej dotacji (do 50% kosztów całkowitych inwestycji) lub pożyczki (do 85% kosztów całkowitych inwestycji) z możliwością umorzenia do 10% kwoty, jednak nie więcej niż 1 mln zł. Minimalna kwota pożyczki wynosi 500 tys zł, natomiast maksymalna to 300 mln zł.

Czy istnieją uzasadnione alternatywne rozwiązania do stosowania banków energii w celu obniżenia kosztów energii elektrycznej?

W ostatnich latach na popularności zyskują również akumulatory wodorowe. Na ten moment nie są one jednak wykorzystywane na masową skalę. Jednak technologia ta jest rozwijana i w przyszłości może być wykorzystywana na szerszą skalę. W tego typu akumulatorach nadmiar energii przekształcany jest w wodór za pomocą elektrolizera, który przeprowadza reakcję elektrolizy wody. Wydzielany w tej reakcji wodór jest przechowywany pod wysokim ciśnieniem (dochodzącym nawet do 30 bar), do późniejszego wykorzystania. Technologia ta może mieć znacznie dłuższą żywotność niż magazyny litowo-

-jonowe, dzięki temu, że jest ona oparta na gazowym wodorze, a nie stałych związkach chemicznych. Z drugiej strony wodór jest gazem wysoce łatwopalnym w związku z czym zachodzą obawy dotyczące spełnienia norm bezpieczeństwa, które mogą w znacznym stopniu ograniczyć zastosowanie akumulatorów wodorowych w budownictwie mieszkalnym.

Inny powszechnie stosowany i sprawdzony, sposób magazynowania energii, polega na zmianie jej postaci z energii elektrycznej na energię cieplną. W przypadku, gdy wystąpi nadwyżka energii elektrycznej ze źródeł OZE, możliwym jest przeznaczenie jej na podgrzanie ciepłej wody użytkowej. W przypadku, gdy domowa instalacja posiada własny zasobnik (bojler) z wbudowaną grzałką elektryczną, który jest w stanie zmagazynować, możliwie bezstratnie ciepłą wodę, która będzie wykorzystywana w ciągu dnia na pokrycie potrzeb użytkowników obiektu, możliwym jest uruchomienie grzałki, która za pomocą produkowanej na bieżąco energii elektrycznej, będzie w stanie ogrzać wodę zmagazynowaną w bojlerze. W 5 edycji programu Mój Prąd możliwe jest uzyskanie dofinansowania w wysokości 5 000 zł na magazyn ciepła.

Innym, zyskującym w ostatnim czasie źródłem magazynowania energii cieplnej są parafiny. Ich główną zaletą jest cena, która jest stosunkowo niska oraz fakt, iż parafiny są obojętne dla środowiska naturalnego i człowieka. Sam proces przechowywania energii cieplnej w parafinie jest procesem typowo fizycznym, odwracalnym i bezstratnym. Ciepło jest pochłaniane przez materiał w trakcie topnienia i oddawane w czasie do otoczenia podczas krzepnięcia.

Najczęściej stosowanym sposobem magazynowania nadwyżek energii elektrycznej, pochodzących ze źródeł OZE, dalej pozostaje magazynowanie energii w sieci elektroenergetycznej. Sposób ten nie wymaga ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z montażem. W momencie wystąpienia nadwyżek energetycznych falownik, posiadający funkcję synchronizacji z siecią oddaje ją do niej. W dłuższej perspektywie czasu sposób ten może przestać być opłacalny ze względu na pobierane za magazynowanie w sieci opłaty oraz w przypadku rozliczenia godzinowego za stosunkowo niższą cenę za sprzedaż (oddawania do sieci) poza godzinami szczytowymi w porównaniu do kupna (pobierania energii z sieci). Dodatkowo sieć elektroenergetyczna w Polsce wymaga inwestycji i jej modernizacji. Niestety zdarzają się obszary, gdzie duży udział instalacji fotowoltaicznych pogarsza jakość energii elektrycznej co często doprowadza do wyłączeń inwerterów.

dr inż. Jakub Grela