

Using 3D design, commercially available components and additive methods to develop an original, mobile power supply device

Piotr Wojnar ^{1,*}, Grzegorz Wojnar ², Adam Mańka ³

¹ Sixteen-year-old student of the Electronics Technical School, Silesian Technical Scientific School in Katowice, 26 Sokolska Street, Katowice 40-086, Poland, g7p1@interia.pl

² Department of Road Transport, Faculty of Transport and Aviation Engineering, Silesian University of Technology, 8 Krasińskiego Street, Katowice 40-019, Polska, grzegorz.wojnar@polsl.pl

³ Department of Railway Transport, Faculty of Transport and Aviation Engineering, Silesian University of Technology, 8 Krasińskiego Street, Katowice 40-019, Polska, adam.manka@polsl.pl

* Corresponding author, g7p1@interia.pl

Abstract: The article presents the use of 3D design, commercially available components and additive methods to develop an original, mobile power supply device. For this purpose: a diagram of the electrical system was developed and commercially available parts that could be used in the process of building the aforementioned power supply device were selected. Then, in the AutoCad environment, a multi-part housing of this device was designed, combining all the components into one. Account was taken of the need to accommodate electrical wire connectors, assembly conditions and, among other things, the fact that the dimensions of individual parts could not exceed the working area of the printer planned to be used in the production of these parts. In the next step, using additive methods, parts of the aforementioned housing were printed from PET-G. Electrical connectors cooperating with batteries were installed using adhesive connections. In the high voltage circuit of this device, wires with a cross-section of 2.5 mm² were used, while in the low voltage circuit, wires of 4 mm² were used. The obtained power supply device is characterized by a supply voltage that can be used of 13.8 V, a maximum electrical power of 276 W, and the stored electrical energy is 270 Wh and, if necessary, can be increased using the method presented in the article.

Keywords: 3D design; additive methods; electrical power supply device.

Wykorzystanie projektowania 3D, dostępnych na rynku elementów oraz metod przyrostowych do opracowania oryginalnego, przenośnego urządzenia zasilającego w energię elektryczną

Piotr Wojnar ^{1,*}, Grzegorz Wojnar ², Adam Mańka ³

¹ Uczeń klasy drugiej Technikum Elektronicznego, Śląskie Techniczne Zakłady Naukowe w Katowicach, ul. Sokolska 26 Katowice 40-086, Polska, g7p1@interia.pl

² Katedra Transportu Drogowego, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, Katowice 40-019, Polska, grzegorz.wojnar@polsl.pl

³ Katedra Transportu Kolejowego, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, Katowice 40-019, Polska, adam.manka@polsl.pl

* Corresponding author, g7p1@interia.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wykorzystanie projektowania 3D, dostępnych na rynku elementów oraz metod przyrostowych do opracowania oryginalnego, przenośnego urządzenia zasilającego. W tym celu: opracowano schemat układu elektrycznego oraz wytypowano dostępne na rynku części możliwe do użycia w procesie budowy wspomnianego urządzenia zasilającego. Następnie w środowisku AutoCad zaprojektowano kilkuczęściową obudowę tego urządzenia łączącą w całość wszystkie komponenty. Uwzględniono, konieczność zamieszczenia złącz przewodów elektrycznych, warunki montażu oraz między innymi to, że wymiary poszczególnych części nie mogły przekraczać obszaru roboczego drukarki, planowanej do użycia podczas wytwarzania tych części. W kolejnym kroku wykorzystując metody przyrostowe wydrukowano części wspomnianej obudowy z PET-G. Stosując połączenia klejowe zamontowano złącza elektryczne współpracujące z akumulatorami. W obwodzie wysokiego napięcia tego urządzenia zastosowano przewody o przekroju 2,5 mm², natomiast w obwodzie niskiego napięcia zastosowano przewody 4 mm². Uzyskane urządzenie zasilające cechuje się napięciem zasilania możliwym do wykorzystania wynoszącym 13,8V, maksymalną mocą elektryczną 276 W, a zgromadzona energia elektryczna wynosi 270 Wh i w razie potrzeby może być zwiększana przy wykorzystaniu przedstawionej w artykule metody.

Słowa kluczowe: projektowania 3D; metody przyrostowe; urządzenie zasilające w energię elektryczną.

1. Wprowadzenie

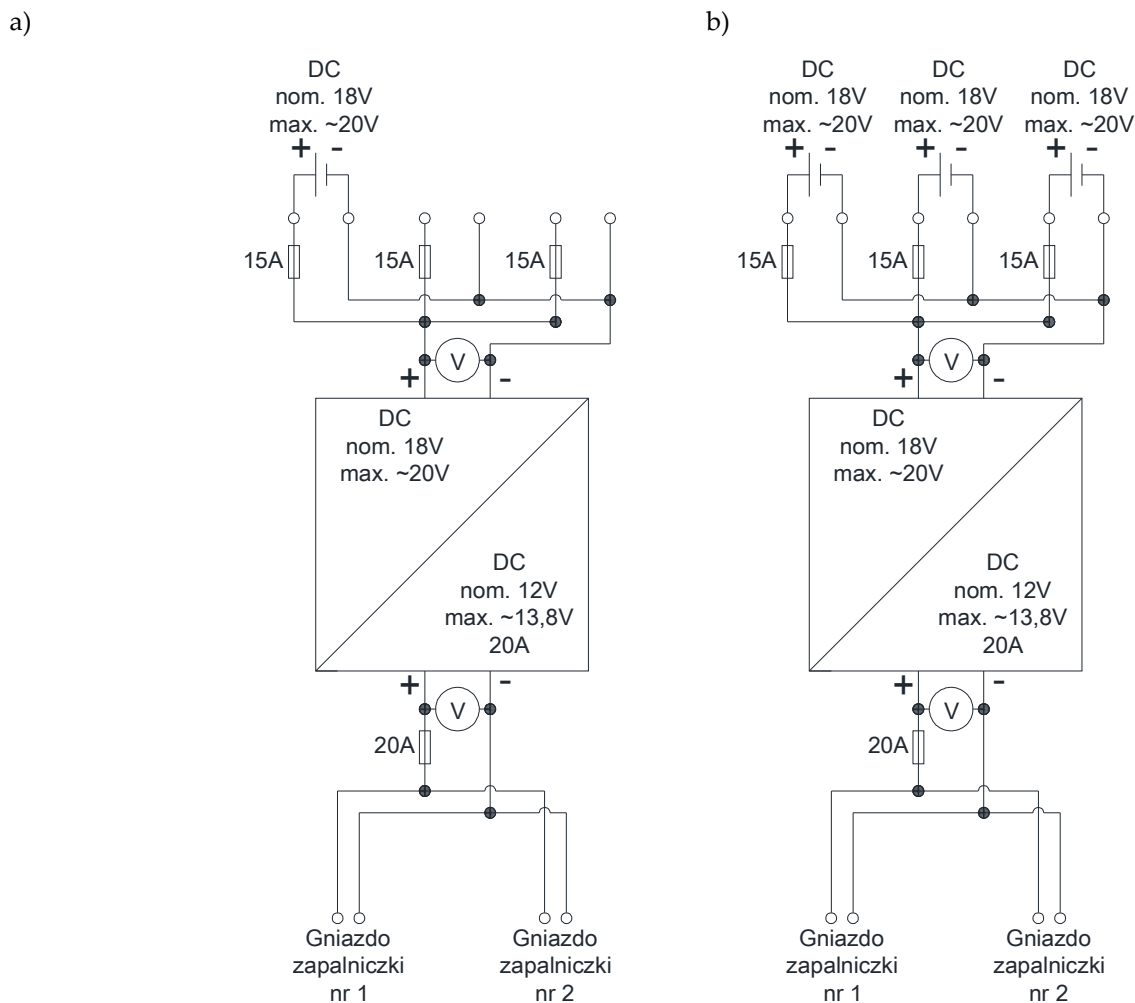
Obecnie wiele badań naukowych, pokazów edukacyjnych, wydarzeń sportowych i innych prowadzi się w miejscach, w których dostęp do sieci elektrycznej 230 V jest utrudniony. Pewnym rozwiązaniem jest użycie urządzeń posiadających wbudowane źródła zasilania, ale ich pojemność elektryczna nie zawsze jest wystarczająca dla użytkownika. Oprócz zasilania urządzeń przenośnych napięciem ~5V poprzez złącze USB (ang. Universal Serial Bus), jednym ze standardów zasilania elektrycznego, jest napięcie nominalne 12V DC (max. ok. 14,4V) poprzez złącze nazywane jako złącze zapalniczki samochodowej. Przy wykorzystaniu tego rozwiązania jest możliwe zasilanie urządzeń bezpośrednio z instalacji samochodowej. Jeżeli pojazd jest w ruchu to rozwiązanie takie jest stosunkowo użyteczne i ograniczone jedynie zabezpieczeniem elektrycznym obwodu w instalacji samochodowej. Natomiast w przypadku użycia tego złącza w warunkach stacjonarnych może nastąpić rozładowanie akumulatora pojazdu i brak możliwości jego uruchomienia. Jednym z przykładów potwierdzających możliwość wystąpienia przedstawionego zjawiska jest stosowanie przez producentów pojazdów wyłączenia systemu audio po paru minutach pracy podczas postoju, nawet w przypadku nowoczesnych samochodów hybrydowych posiadających dodatkowe akumulatory służące do zasilania silników trakcyjnych. Z kolei zgodnie z art. 60 ust. 2 pkt 3 Prawa o ruchu drogowym kierującemu zabrania się „pozostawiania pracującego silnika podczas postoju na obszarze zabudowanym; nie dotyczy to pojazdu wykonującego czynności na drodze”, a zgodnie z art. 60 ust. 2 pkt 2 drogowym kierującemu zabrania się „używania pojazdu w sposób powodujący uciążliwości związane z nadmierną emisją spalin do środowiska lub nadmiernym hałasem;”. Z tego powodu rośnie zapotrzebowanie na przenośne urządzenia zasilające w energię elektryczną. Na rynku istnieje wiele różnych akumulatorów wykorzystujących różne technologie [1, 2]. W ostatnich latach można zauważyć również dynamiczny rozwój profesjonalnych ręcznych elektronarzędzi, zasilanych z akumulatorów najczęściej litowo-jonowych. Producenci tych elektronarzędzi są szczególnie zainteresowani, aby oferowane produkty cechowały się:

- możliwie długim czasem używania elektronarzędzia w przypadku pojedynczego ładowania akumulatora,
- stosunkowo niską masą akumulatora, co jest szczególnie ważne w przypadku narzędzi ręcznych,
- krótkim czasem ładowania akumulatora.

Z powyższego powodu w niniejszym artykule przedstawiono możliwość wykorzystania projektowania 3D [3], dostępnych na rynku elementów, w tym również akumulatorów o napięciu nominalnym 18 V (max. ~20V) stosowanych w ręcznych elektronarzędziach oraz metod przyrostowych [4-7] do opracowania oryginalnego, przenośnego urządzenia zasilającego w energię elektryczną pracującego w standardzie 12V DC (max. ok. 14,4V) przy wykorzystaniu złącza nazywanego jako gniazdo zapalniczki samochodowej.

2. Schemat elektryczny, główne części, środowisko projektowania oraz użyty materiał druku 3D

Na rysunku 1 przedstawiono układy elektryczne opracowane przez głównego autora niniejszego artykułu zawierające w szczególności: przetwornicę napięcia stałego B20-24-13R8 o napięciu wejściowym 18-35 V oraz napięciu wyjściowym 13,8 V i jeden akumulator (rys. 1a). Przewidziano również, że układ ten może być rozbudowywany o kolejny akumulator lub kolejne akumulatory, aż do trzech sztuk łączenie (rys. 1b). Przetwornica B20-24-13R8 zawiera radiator wykonany ze stopu aluminium, oddający ciepło do otoczenia oraz wg deklaracji producenta charakteryzuje się sprawnością energetyczną 95% i szczelnie zaizolowaną obudową - IP68.



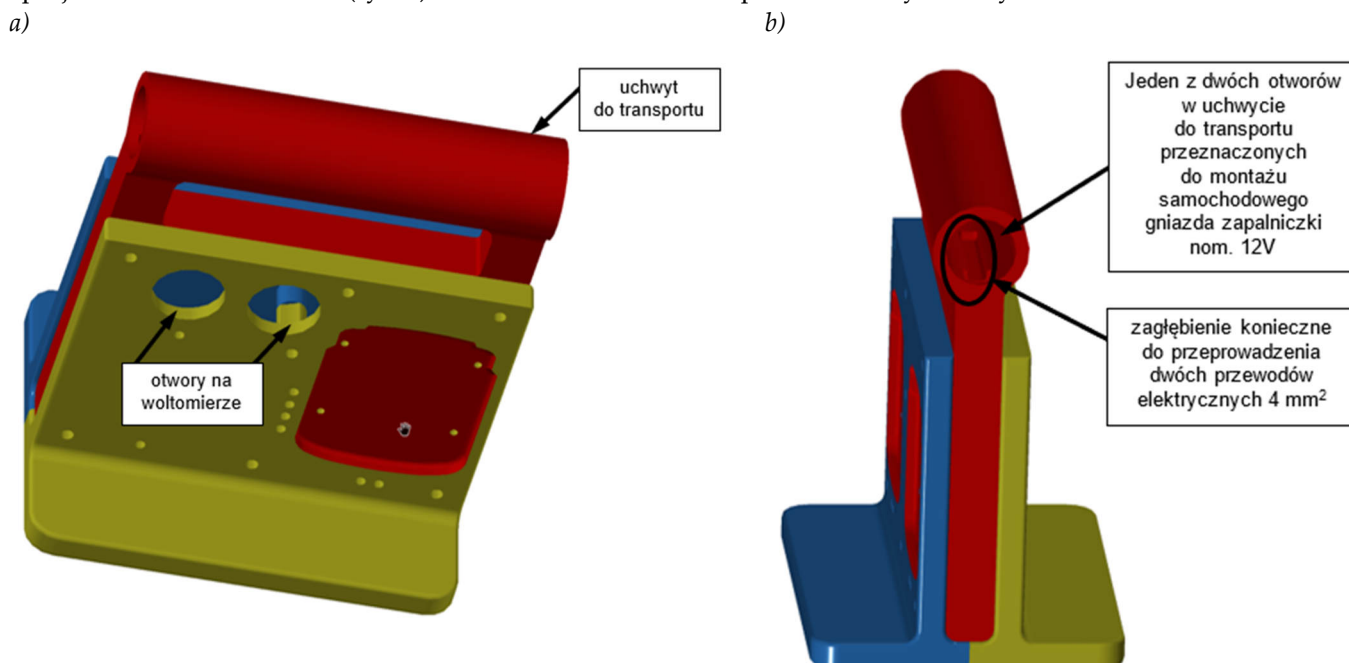
Rysunek 1. Układ elektryczny urządzenia opracowany przez głównego autora niniejszego artykułu zawierający w szczególności: przetwornicę napięcia stałego B20-24-13R8 o napięciu wejściowym 18-35 V oraz napięciu wyjściowym 13,8 V a także: a) jeden akumulator, b) trzy akumulatory

Z kolei na rysunku 2 przedstawiono akumulator producenta ręcznych elektronarzędzi o napięciu nominalnym 18 V (max. ~20 V) i pojemności elektrycznej 5Ah, czyli gromadzącego nominalnie energię elektryczną 90 Wh.



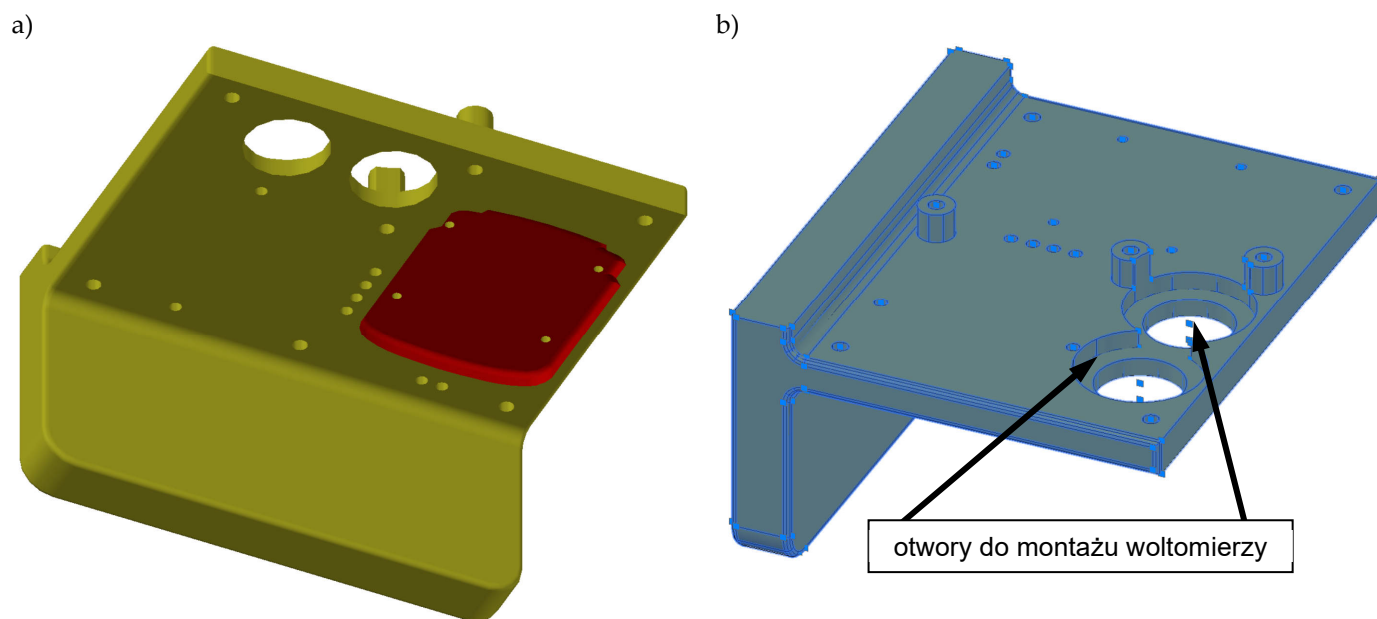
Rysunek 2. Przykładowy akumulator producenta ręcznych elektronarzędzi, wyposażony w trzystopniowy wskaźnik naładowania, napięcie nominalne akumulatora 18 V (max. ~20V), pojemność elektryczna 5Ah, czyli zgromadzona nominalnie energia elektryczna to 90 Wh

Obecnie istnieje wiele środowisk do tworzenia trójwymiarowych rysunków, a przykładowe z nich przedstawiono w [3 i 8]. Istnieją również witryny internetowe, z których w niektórych przypadkach można pobrać trójwymiarowe rysunki wielu użytecznych elementów [9]. Ze strony tej pobrano rysunki elementu służącego do montażu akumulatora. Natomiast w ramach niniejszej pracy w środowisku AutoCad zaprojektowano współpracującą z tymi elementami obudowę urządzenia, a jej wymiary gabarytowe to: wysokość 205 mm (patrz rys. 3a), szerokość 170 mm i głębokość 176 mm (rys. 3). Uwzględniono, konieczność zamieszczenia złącz przewodów elektrycznych, warunki montażu oraz między innymi to, że wymiary poszczególnych części nie mogły przekraczać obszaru roboczego drukarki, planowanej do użycia podczas wytwarzania tych części. Należało również przewidzieć otwory i wzmocnienia do połączenia tych części za pomocą elementów śrubowych, a także otwory konieczne do przeprowadzenia przewodów elektrycznych. W celu kontroli, po stronie niskiego i wysokiego napięcia przedstawionego urządzenia zaprojektowano woltomierze (rys. 1) umieszczone w otworach przedstawionych na rysunku 3a.

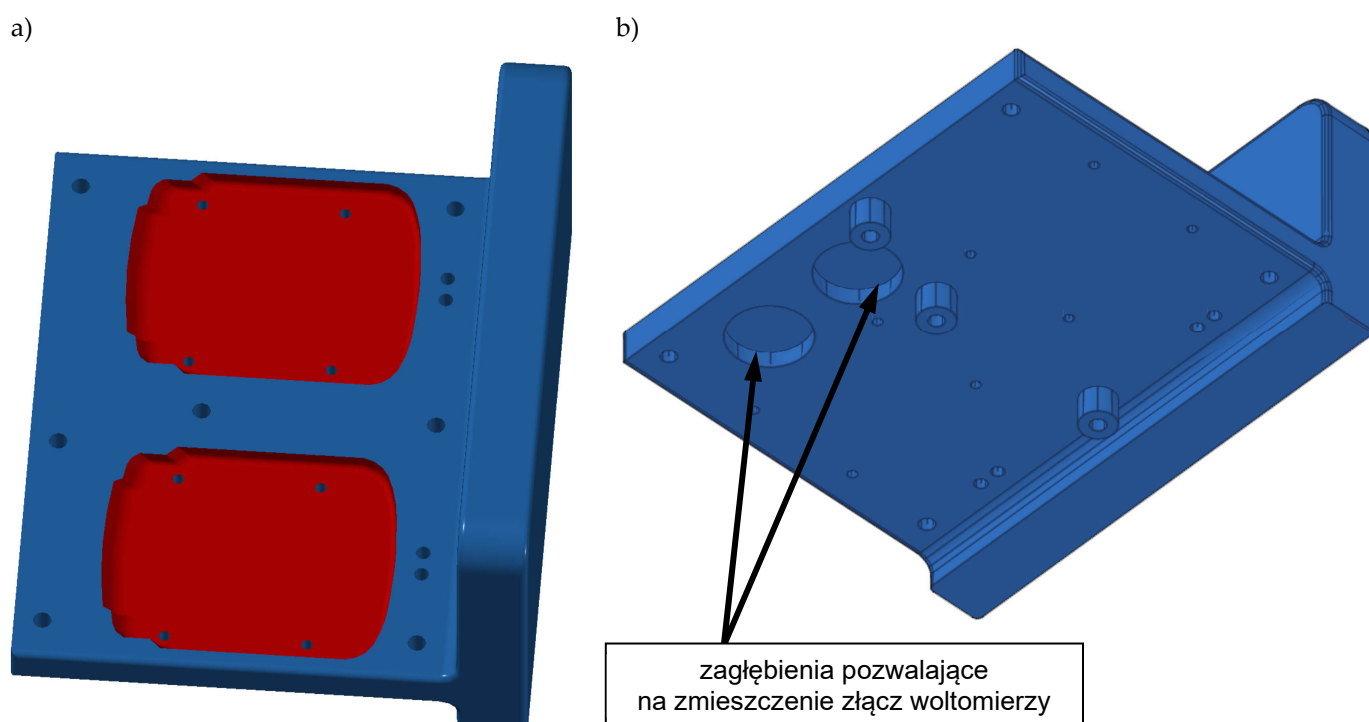


Rysunek 3. Obudowa urządzenia: a) widok w szczególności od strony przedniej urządzenia, b) widok w szczególności od strony bocznej urządzenia

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono odpowiednio widoki przedniej i tylnej pokrywy wraz z zastosowanymi wzmocnieniami do połączeń śrubowych i wybraniami do montażu woltomierzy.

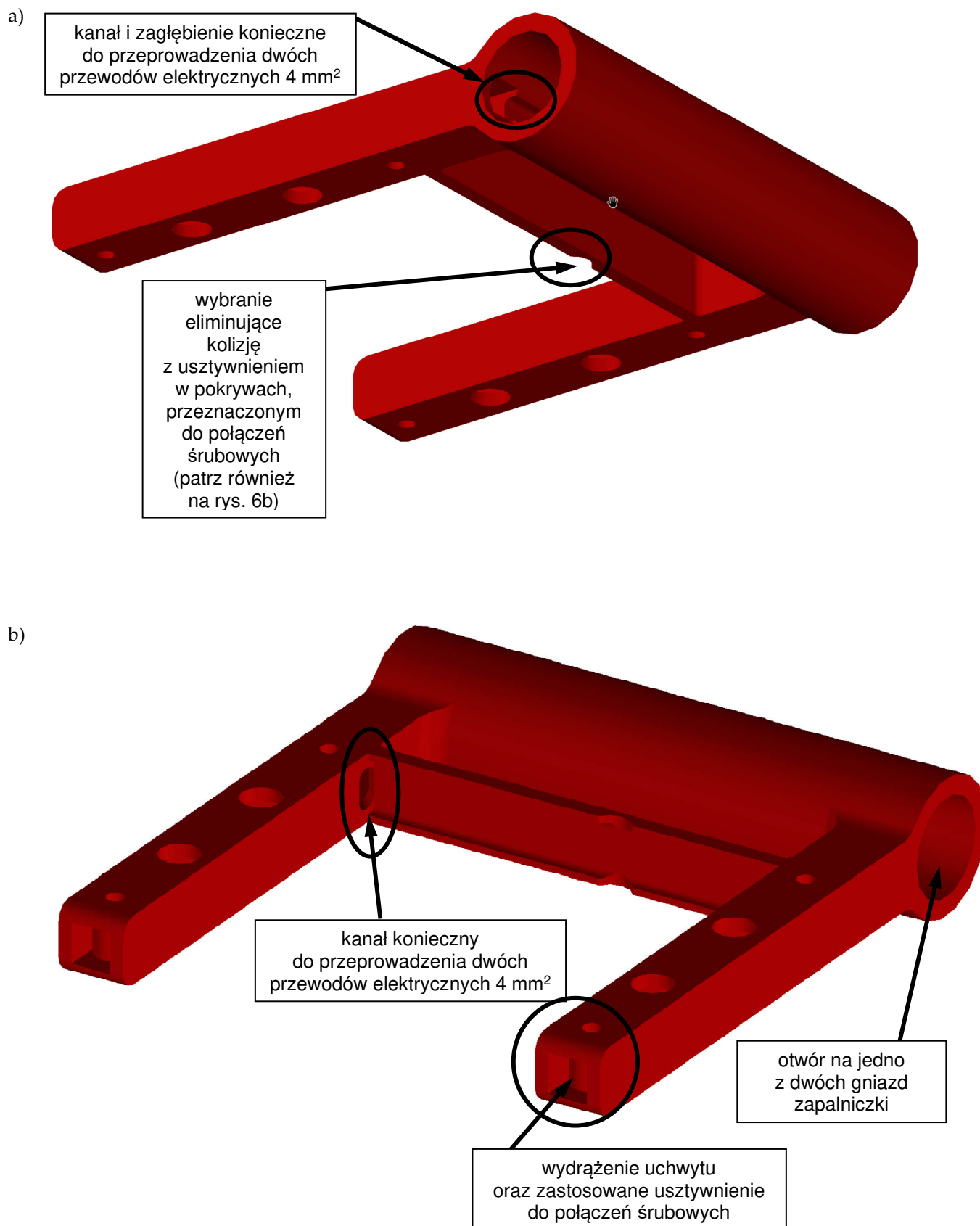


Rysunek 4. Pokrywa przednia: a) widok z zewnątrz, b) widok wnętrza



Rysunek 5. Pokrywa tylna: a) widok z zewnątrz, b) widok wnętrza

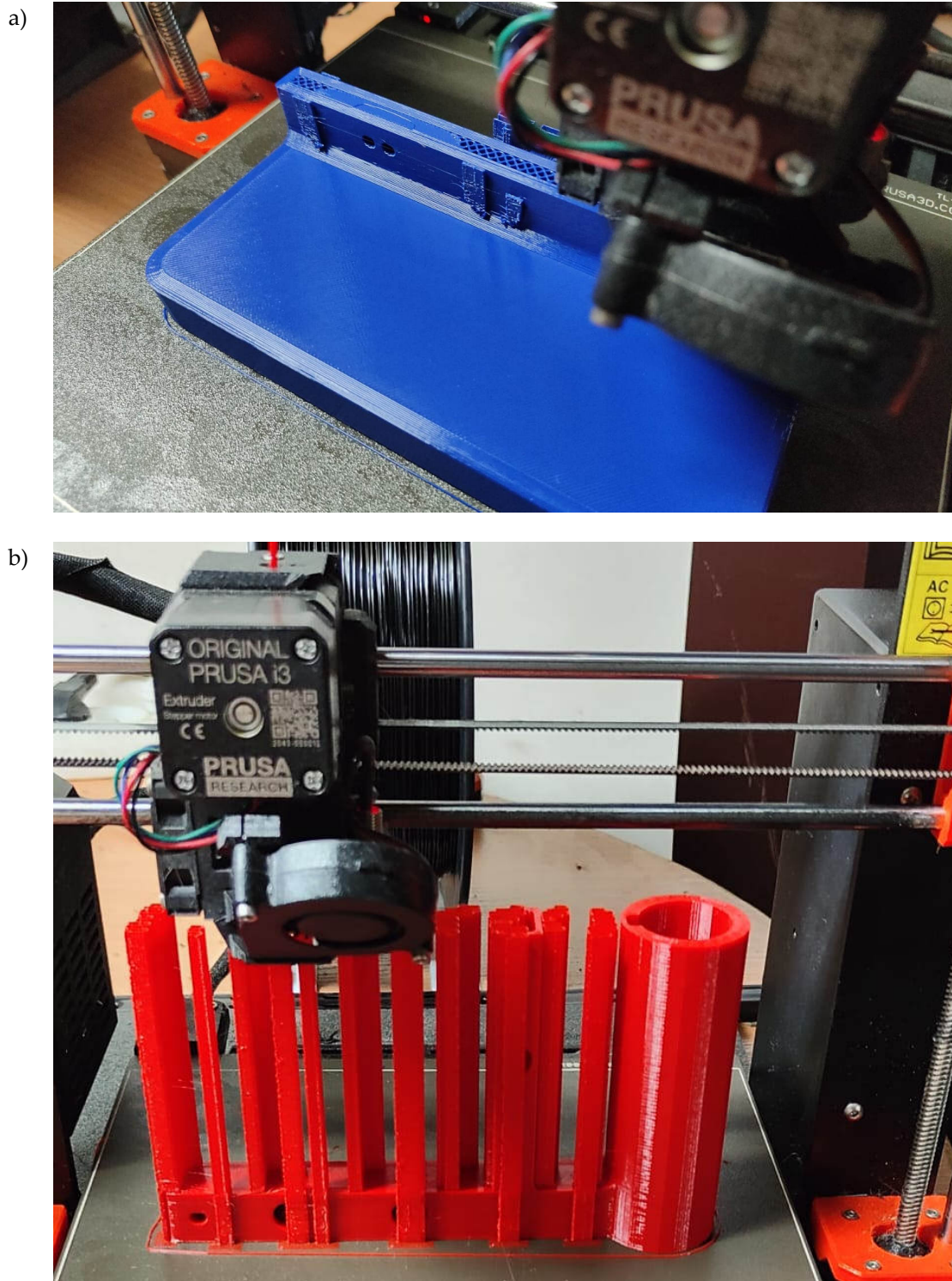
Natomiast na rysunku 6 przedstawiono widok uchwyty urządzenia wraz z kanałem i wybraniem umożliwiającymi zmniejszenie masy, kanałami przeznaczonymi do przeprowadzenia przewodów i usztywnieniami przeznaczonymi do poprawnego montażu przy użyciu połączeń śrubowych.



Rysunek 6. Uchwyt do transportu urządzenia: a) widok z kierunku a, b) widok z kierunku b

Wydruk elementów, na podstawie przygotowanych trójwymiarowych rysunków, został wykonany przy użyciu drukarki firmy PRUSA i3 MK3. Użyto Filamentu Nebula PET-G czyli poli(tereftalanu etylenu) z glikolem. Materiał ten uchodzi za tworzywo o wysokiej przyczepności warstw (adhezji), co oznacza, że warstwy materiału bardzo dobrze

łączą się ze sobą, zapewniając w ten sposób stosunkowo wytrzymałe wydruki. Średnica filamentu wynosiła 1,75 mm, temperatura druku zawiera się w przedziale: od 220°C do 240°C, a zalecana temperatura stołu roboczego wynosi od 60°C do 90°C. Zamknięta komora robocza jest niewymagana. Więcej informacji przedstawiono w [10]. Na rysunku 7 przedstawiono widok, podczas druku, jednej z pokryw (rys. 7a) i uchwytu transportowego (rys. 7b).

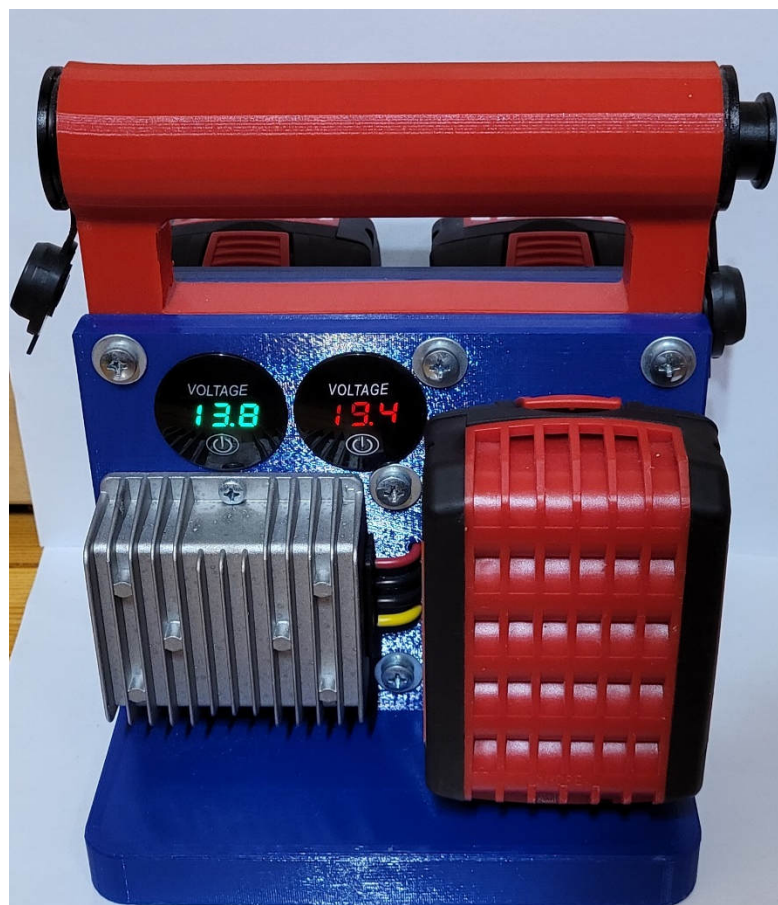


Rysunek 7. Widok drukowanych elementów na drukarce Prusa: a) części jednej z pokryw, b) części uchwytu transportowego

3. Wyniki

Na rysunku 8 przedstawiono widoki zmontowanego urządzenia, natomiast na rysunku 9 zaprezentowano praktyczny przykład jego użycia do zasilania pompki elektrycznej turbinowej/kompresora (dwa w jednym) podczas pompowania desek typu SUP (ang. Stand Up Paddle). Maksymalna moc pompki/kompresora o nazwie „SUP Kormoran 20 PSI 2w1” to 120 W. W przypadku zastosowania pojedynczego akumulatora przedstawionego na rysunku 2 i napompowania, przy temperaturze otoczenia wynoszącej 36°C, dwóch desek SUP o pojemności 350 dm³, aż do uzyskania w każdej z desek ciśnienia 103,4 kPa (15 psi), widoczny na rysunku nr 2 trzystopniowy wskaźnik naładowania akumulatora wskazał zmniejszenie stopnia naładowania z całkowitego do dwóch kresek.

a)



b)



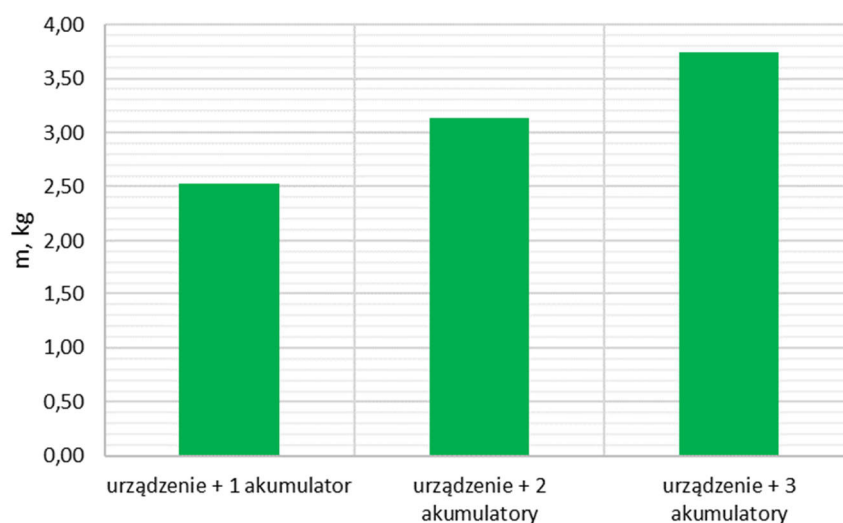


Rysunek 8. Widoki zmontowanego urządzenia: a) od strony woltomierzy i przetwornicy, b) od strony przetwornicy, c) od strony dwóch akumulatorów, gdzie w gnieździe zapalniczki opcjonalnie zastosowano przejściówkę 12 V/złącze USB



Rysunek 9. Praktyczny przykład użycia urządzenia do zasilania pompki elektrycznej turbinowej/kompresora (dwa w jednym) „SUP Kormoran 20 PSI 2w1” podczas pompowania deski typu SUP (ang. Stand Up Paddle) o objętości 350 dm³

Z kolei na rysunku 10 przedstawiono masy w przypadku zastosowania statywu urządzenia (zawierającego: przetwornicę B20-24-13R8, dwa gniazda zapalniczki, dwa woltomierze niezbędne przewody elektryczne, połączenia śrubowe) i jednego lub dwóch lub trzech akumulatorów przedstawionych na rysunku 2.



Rysunek 10. Masy w przypadku zastosowania statywu urządzenia (zawierającego: przetwornicę B20-24-13R8, dwa gniazda zapalniczki, dwa woltomierze, niezbędne przewody elektryczne, połączenia śrubowe) i jednego lub dwóch lub trzech akumulatorów przedstawionych na rysunku 2

4. Podsumowanie

Na podstawie studium przypadku przedstawionego w niniejszym artykule wykazano, że wykorzystanie projektowania 3D, dostępnych na rynku elementów oraz metod przyrostowych jest użyteczne i może prowadzić do opracowania różnych urządzeń skonstruowanych wg indywidualnych potrzeb twórcy. Natomiast przedstawione w niniejszym artykule informacje nie są instrukcją do tworzenia własnych, źródeł zasilania elektrycznego, oraz autorzy stanowczo odradzają próby naśladownictwa, a także nie ponoszą odpowiedzialności za ewentualne szkody powstałe w wyniku stworzenia niniejszego urządzenia lub/i jego użytkowania.

Reference

1. Czerwiński A. Akumulatory baterie ogniwa, WKiŁ, Warszawa 2005.
2. Pillot Ch. The rechargeable battery market 2011-2025, Avicenne Energy, 2012.
3. Wojnar G., Czech P., Folega P. Komputerowy zapis konstrukcji w przestrzeni trójwymiarowej z wykorzystaniem programu AutoCAD. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012, ISBN: 9788373359291.
4. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies; Springer International Publishing: Cham, Germany, 2021; ISBN 978-3-030-56126-0.
5. Dębski M. Badania i analiza walcowych elementów maszyn wytwarzanych hybrydowymi metodami szybkiego prototypowania. Rozprawa doktorska. Politechnika Rzeszowska 2023.
6. El Mehtedi M., Buonadonna P., El Mohtadi R., Loi G.; Aymerich F., Carta M.: Optimizing Milling Parameters for Enhanced Machinability of 3D-Printed Materials: An Analysis of PLA, PETG, and Carbon-Fiber-Reinforced PETG. J. Manuf. Mater. Process. 2024, 8, 131. <https://doi.org/10.3390/jmmp8040131>.
7. Kang, M.-J.; Lim, J.-H.; Lee, C.-G.; Kim, J.-E. Effects of Post-Curing Light Intensity on the Mechanical Properties and Three-Dimensional Printing Accuracy of Interim Dental Material. Materials 2022, 15, 6889. <https://doi.org/10.3390/ma15196889>.
8. Jaskulski A.: Autodesk Inventor 2020PL/2020: Podstawy metodyki i projektowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
9. Serwis internetowy: <https://www.printables.com/model/656534-bosch-18v-battery-to-xt60-adapter-with-cad>
10. Czym jest i jak drukować z filamentu PETG?: https://get3d.pl/2020/05/13/jak-drukowac-z-petg/?srsltid=AfmBOoo6KgApN4OldLyTXGT_F8IPqeze_VE6Loialj8kyJeud56DJpkc, 15.10.2024.