

# PROJEKT STOŁU MONTAŻOWEGO DO ROZDZIELNI NAPIĘCIA

## *A project of an assembly table for an electric switchboards*

Robert CIEŚLAK, Ireneusz WYSOCKI, Albert PIGUŁA

**Streszczenie:** W pracy został przedstawiony projekt stołu montażowego dla firmy ELEKTROBUDOWA SA. Jest to kolejny z etapów wdrażania platformy montażowej w tym przedsiębiorstwie. Praca koncentruje się na wskazaniu dostosowania platformy montażowej dla produktu końcowego, jakim są rozdzielnie niskich, średnich i wysokich napięć w firmie ELEKTROBUDOWA SA. Jest to ważny punkt procesu opracowania platformy montażowej oraz podejścia do wzorca rodziny produktów.

**Słowa kluczowe:** obszary montażowe

**Abstract:** The paper presents a project of an assembly table designed for the ELEKTROBUDOWA S.A. company. The project constitutes one of the stages of implementing an assembly platform in this firm. The publication shows the ways of adjusting the platform to the final product, which is low, medium and high voltage switchboards produced in the ELEKTROBUDOWA S.A. The adjustment in turn is a vital point in the process of designing an assembly platform and approaching the pattern for a family of products.

**Keywords:** assembly areas

### Wprowadzenie

Celem artykułu jest opracowanie kolejnego etapu utworzenia platformy montażowej w firmie ELEKTROBUDOWA SA jakim jest wykonanie struktury jej elementów. Jednym z elementów tej struktury jest zaprojektowanie stołu montażowego do podnoszenia rozdzielnic średniego i niskiego napięcia, które firma ma w swojej ofercie sprzedażowej. Projekt ten umożliwi minimalizację kosztów przez własną produkcję podnośnika, a w przyszłości może pomóc we wprowadzeniu do sprzedaży urządzenia z nowej kategorii.

Opracowanie platformy montażowej ma duże znaczenie dla samego wyrobu końcowego, jako że wyrób odpowiada potrzebom rynku, będąc jednocześnie wyprodukowanym przy jak najmniejszych kosztach produkcji [5]. W artykule zawarty jest proces projektowania stołu montażowego, wzbogacony o badania wytrzymałościowe, pozwalające sprawdzić wytrzymałość na obciążenia oraz możliwe odkształcenia.

### Definicja platformy montażowej

Według założeń podejścia odgórnego do kwestii zaprojektowania danej rodziny produktów najpierw należy zaprojektować tzw. platformę montażową, którą można łatwo zmodyfikować i dostosować do potrzeb produkcji [7].

Jedna z definicji określa platformę montażową jako stosunkowo duży zbiór komponentu produktu, którego składniki są ze sobą połączone w stabilny podzespół i są wspólne dla różnych modeli produktu końcowego [5].

Istota powstania platformy montażowej tkwi w uzyskaniu jak największej liczby produktów końcowych, wykorzystując do tego standaryzowane składniki i różne procesy produkcyjne. Dlatego też dostosowanie

platformy montażowej to proces polegający na odkryciu wspólnych elementów w danej rodzinie produktów (np. wspólne funkcje czy działanie, parametry, cechy, składniki, podsystemy czy odpowiednia ilość informacji związanej z produkcją danej rodziny produktów) oraz późniejsze dopasowanie i standaryzacja ww. wspólnych elementów bądź parametrów [9].

### Charakterystyka procesu projektowo-konstrukcyjnego

Proces projektowo-konstrukcyjny polega na opracowaniu przedmiotu lub urządzenia w programie komputerowym bądź w formie papierowej. W przypadku tego projektu wykorzystany został program komputerowy SolidWorks, który swoimi funkcjami i prostym interfejsem usprawnił pracę nad podnośnikiem nożycowym. Projekt powinien uwzględniać model konstrukcyjny, materiał z którego będzie wykonane urządzenie i najważniejsze badania wytrzymałościowe. W kolejnym etapie powstaje dokumentacja projektowo-konstrukcyjna, która jest podstawą rozpoczęcia procesu wytwarzania.

Badania wytrzymałościowe są konieczne, ponieważ odnoszą się do bezpieczeństwa człowieka podczas wykonywania pracy przy urządzeniu, mającym styczność z dużą ładownością.

Teodor Winkler, autor publikacji „Komputerowy zapis konstrukcji”, uświadamia jak wyraźną ewolucję przeszedł sposób pracy nad projektowaniem, opisuje również przebieg zmian zachodzących w możliwościach programów komputerowych, które stają się coraz potężniejszymi narzędziami do projektowania. W niedalekiej przeszłości projektowaniem zajmowały się całe biura, a wraz z biegiem lat zapotrzebowanie na większą liczbę pracowników malało z powodu rozwijania się programów CAD/CAM. Ewolucja ta pozwoliła wykonywać projekty znacznie

szybciej, a także przyjmować większą ilość zleceń, dzięki czemu biura konstrukcyjne przestały istnieć i zostały zastąpione przez działy konstrukcyjne [8].

Systemy CAD wspomagają projektowanie w pierwszych etapach rozwoju produktu. Są to narzędzia służące nie tylko do rysowania czy modernizowania, ale również do projektowania zrozumiałych zadań inżynierskich. Ich zadaniem jest nadanie postaci geometrycznej oraz oceny cech wytrzymałościowych i funkcjonalnych konstrukcji [2].

Proces projektowania maszyn i urządzeń wymaga dokładności, dlatego trzeba dokładnie zastanowić się nad zaplanowaniem pracy przez konstruktora. Wykonanie planu umożliwi skrócenie czasu jego wykonywania [4].

#### Etapy:

- propozycja do projektowania,
- projekt szkicowy,
- projekt techniczny,
- wykonawcze i złożeniowe rysunki urządzenia.

Na podstawie zamówienia oraz rozmowy z klientem opracowuje się propozycje do projektowania. Zawierają one komplet dokumentacji, który przedstawia wybrane konkretne opracowania urządzenia [4].

Projekt szkicowy ma komplet dokumentacji technicznej, pozwalający zrozumieć zasadę działania urządzenia oraz jego budowę, ukazując rozwiązanie wszystkich najbardziej skomplikowanych węzłów i części oraz jest podstawą do dalszego projektowania urządzenia [4].

Dokumentacja techniczna, która jest opracowana na etapie projektu konstrukcyjnego, powinna zawierać konstrukcyjne rozwiązanie wszystkich węzłów urządzenia i jest podstawą do opracowania jego rysunków wykonawczych [4].

Wykonanie złożenia umożliwia stworzenie pełnej dokumentacji technicznej, ukazującej pełen schemat urządzenia oraz wszystkich połączeń wraz z węzłami [4].

#### Założenia i model stołu montażowego

Badania nad platformą montażową wykonano w firmie ELEKTROBUDOWA SA, która jest liderem wśród polskich firm elektroenergetycznych. Jest ona wiodącym wykonawcą i dostawcą aparatury rozdzielczej średnich i niskich napięć, jak również stacji i systemów elektroenergetycznych. Firma brała udział w budowie niemal wszystkich polskich elektrowni i elektrociepłowni oraz wielu na świecie (rys. 1). Na rynku międzynarodowym osiąga znaczącą pozycję w produkcji i montażu przewodów silnopiędowych [3].

Znaczenie platformy montażowej jest coraz istotniejsze w różnych dziedzinach przemysłu i wiele firm musi podejmować szereg decyzji w tej sprawie. Prace zmierzają w kierunku zdefiniowania podstawowej struktury platformy montażowej.

Etap utworzenia platformy montażowej został przedstawiony w publikacji [1]. Pierwszy etap polegał na utworzeniu platformy montażowej jako fizycznej struktury wyrobu. Należało odpowiedzieć na dwa pytania. Po pierwsze – jak należy zdefiniować platformę montażową z technicznego punktu widzenia, biorąc pod uwagę złożoność wyrobu, a po drugie – w jaki sposób platforma montażowa wiąże się z innymi pojęciami związanymi z procesem planowania wyrobu końcowego, takimi jak konstrukcja wyrobu czy modularyzacja. Drugi etap polegał na grupowaniu operacji, aby określić podobieństwo technologiczne wykonywanych produktów. Trzeci etap to dokonanie analizy kosztowej platformy montażowej. Należy w tym momencie odpowiedzieć na pytania: jakie czynniki należy wziąć pod uwagę ustalając koszt platformy montażowej i jaka będzie wielkość współczynnika do analizy kosztowej.

Czwarty etap to opracowanie struktury elementów platformy montażowej. Jednym z kolejnych elementów

a)



b)



Rys. 1. Rozdzielnice a) niskiego napięcia, b) stacje kontenerowe produkowane w firmie ELEKTROBUDOWA SA (opracowanie na podstawie katalogów firmy)

Fig. 1. Switchboards produced in the ELEKTROBUDOWA SA company: a) low voltage switchboards b) mobile container substations (pictures from the company's catalogue)

struktury platformy montażowej jest stół montażowy, który służy do podnoszenia rozdzielni niskiego oraz średniego napięcia. Jest on zaliczany do stołów specjalistycznych. Projekt został wykonany na potrzeby firmy ELEKTROBUDOWA SA. Zadaniem tego typu urządzenia jest unoszenie rozdzielnic napięciowych oraz unoszenie pracownika. Planowana waga najcięższej rozdzielnic napięciowej i udźwig podnośnika wynosi ok. 1500 kg. Materiał wykorzystany do produkcji urządzenia to niestopowa stal konstrukcyjna ST52-3N.

W firmie ELEKTROBUDOWA SA dokonano analizy wydajności kilku stołów montażowych obecnych na halach. Z przeprowadzonej analizy wynika, że brakuje stołu na którym można bezpiecznie dokonać montażu końcowego wyrobu (w przyszłości do tworzonej platformy montażowej). Zamiarem autorów jest opracowanie uniwersalnego stołu montażowego, który ułatwi pracę. Proces projektowania nowego wózka transportowego podzielono na trzy etapy, tj. przygotowanie, wykonanie modelu w programie SolidWorks oraz opracowanie wyników wytrzymałościowych. Postępowanie projektowe obejmowało:

1. zapoznanie się z pracownikami wykonującymi montaż rozdzielni, a także organizacją i obsługą stanowiska roboczego, na którym będzie ona wykonywana (tab. 1),
2. poznanie budowy obecnych na hali stołów montażowych,
3. analiza oceny efektywności stołów montażowych przez pracowników,
4. ustalenie z technologiem wymogów jakie powinien spełniać nowy stół montażowy,
5. opracowanie modelu stołu montażowego w programie SolidWorks (rys. 2),
6. przeprowadzenie obliczeń wytrzymałościowych, dokonanie symulacji w programie SolidWorks,
7. opracowanie całego procesu wytworzenia na kartach technologicznych i instrukcyjnych [6].

Tab. 1. Informacje dotyczące pracy brygady mechaników i energetyków (opracowanie własne)

Sig. 1. Information concerning the work of the teams of mechanics and power engineers (self study)

Pracownik firmy odpowiedzialny za prowadzenie badań do platformy montażowej	Czas przeprowadzenia analizy stanowisk montażowych	Badane stanowisko pracy
technolog	6 <sup>00</sup> – 14 <sup>00</sup>	brygada mechaników i elektryków, którzy wykonywali montaż wyrobu w hali produkcyjnej

Model 3D stołu montażowego (rys. 2) przedstawia podnośnik nożycowy, służący do podnoszenia rozdzielnic napięciowych. Urządzenie zostało wyposażone w siłownik

elektryczny o mocy 1520 kg. Siłownik elektryczny pełni kluczową funkcję w konstrukcji. Jego sprawność sięgająca 90% i udźwig 1520 kg w zupełności wystarczy do prac modernizacyjnych nad rozdzielnicami napięciowymi. W budowie stołu montażowego zastosowano łożyska CUS200 firmy SNR. Podpora wyposażona została w koła Brickle LS-GTH 127K-ST o wytrzymałości równej 600 kg, zabezpieczone hamulcem uniemożliwiającym przesunięcie się podnośnika wraz z rozdzielnicą napięciową. Materiał wykorzystany do produkcji urządzenia to stal niestopowa konstrukcyjna ST52-3N.



Rys. 2. Projekt stołu montażowego w firmie ELEKTROBUDOWA SA (opracowanie własne)

Fig. 2. The project of an assembly table in the ELEKTROBUDOWA SA company (self study)

### Badania stołu montażowego

Do badań przyjęto obciążenie najcięższej rozdzielnic napięciowej, której waga wynosi ok. 1500 kg. Siła rozkłada się równomiernie na całej powierzchni blatu roboczego (różowy kolor strzałek). Wyniki (rys. 3) pomogły w poprawieniu niedociągnięć i pomyłek, które wystąpiły podczas procesu projektowania. Naprężenia wynikające z obciążenia rozdzielnic napięciowej występują głównie w przęsłach zamontowanych na stałe w podporach tylnych-dolnych (zielony kolor). W niewielkim stopniu naprężenia występowały pod blatem na kołach oraz mocowaniu stałym tylnym. Z badań przeprowadzonych pod kierunkiem naprężeń wynika, że urządzenie spełnia warunki jakie zostały założone w trakcie projektowania urządzenia jakim jest podnośnik nożycowy, a jej wynik mieści się w granicach normy.

Wyniki przeprowadzonych badań pod kątem odkształceń modelu podnośnika nożycowego udowadniają, iż projekt wytrzyma obciążenia sięgające nawet zakładanej granicy 1500 kg. Występujące odkształcenia są niewielkie i tak jak w wypadku naprężeń występują głównie

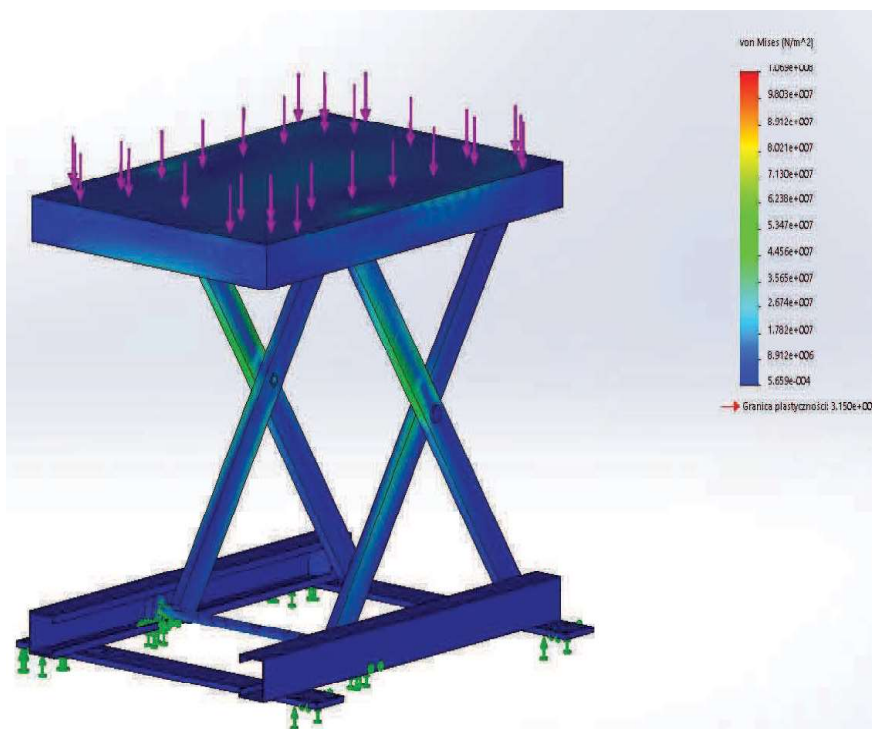


na przęsłach oraz mocowaniach stałych blatu roboczego oraz podpory (kolor zielony).

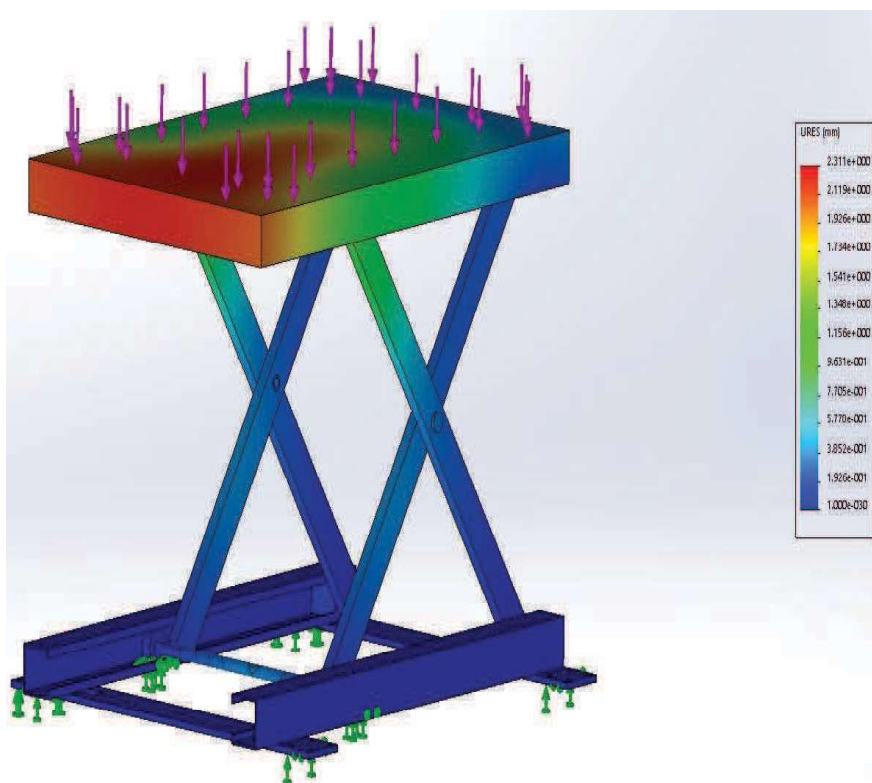
Z badań przeprowadzonych pod kierunkiem odkształceń wynika, że urządzenie spełnia warunki jakie zostały założone w trakcie projektowania urządzenia jakim jest

podnośnik nożycowy, a jej wynik mieści się w granicach normy.

Największe zmiany materiału wynikają z badań przemieszczeń materiału (rys. 4). Wartości, które wykazał SolidWorks sięgają granic maksymalnych na powierzchni



Rys. 3. Symulacja rozkładu naprężeń stołu montażowego w firmie ELEKTROBUDOWA SA (opracowanie własne)  
Fig. 3. Stress distribution simulation for an assembly table in the ELEKTROBUDOWA SA company (self study)



Rys. 4. Symulacja przemieszczenia modelu w firmie ELEKTROBUDOWA SA (opracowanie własne)  
Fig. 4. A model displacement simulation in the ELEKTROBUDOWA SA company (self study)

blatu roboczego, a dokładnie w jego przedniej części. Mniejsze, ale pojawiające się przemieszczenia ukazują się na środkowej części blatu, ale również w przęsłach przy łączeniu z belką i kołami.

Ze względu na występujące przemieszczenia zalecane jest umiejscowienie materiału na środkowej części blatu. Zastosowanie to pozwoli zmniejszyć przemieszczenia występujące w urządzeniu.

Głównymi celami projektowanego stołu montażowego w strukturze platformy montażowej jest przede wszystkim:

- zwiększenie wydajności przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji,
- efektywniejsze wykorzystanie dysponowanego czasu pracy,
- stabilizacja i rytmiczność procesu produkcji pozwalająca na dokładne planowanie wydajności,
- poprawa organizacji i warunków pracy na wydziale montażowym,
- możliwość łatwego przemieszczania się pracownika i rozdzielni dzięki sterowaniu,
- zmniejszenie liczby wadliwych wyrobów.

Po analizie danych projektowych firma ELEKTROBUDOWA SA planuje produkcję dwóch stołów montażowych w celu analiz na rzeczywistym modelu.

#### Podsumowanie

Inżynierowie z różnych przedsiębiorstw produkcyjnych (krajowych i zagranicznych) opracowują warianty stołów montażowych do elastycznych linii montażowych i platform montażowych.

Głównym celem artykułu jest opracowanie uniwersalnego stołu montażowego do montażu rozdzielni niskich, średnich i wysokich napięć w firmie ELEKTROBUDOWA SA. Jest to kluczowy punkt opracowania struktury platformy montażowej oraz podejścia do wzorca rodziny produktów. Przedstawione wyniki analiz projektowych sugerują poprawę wskaźników niezawodności i efektywności produkcji, co powinno przynieść oczekiwane efekty ekonomiczne i jakościowe oraz przyczynić się do podniesienia konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Analiza platformy montażowej wykazała celowość opracowania uniwersalnego stołu montażowego, dzięki któremu nastąpi poprawa organizacji i warunków pracy.

Zastosowanie sterowania w uniwersalnym stole montażowym umożliwi łatwe przemieszczanie się pracownika i rozdzielni. Badania modelowe wykazały poprawność założeń projektowych.

Autorzy w kolejnych artykułach zamierzają dokonać złożenia całej struktury platformy montażowej w firmie ELEKTROBUDOWA SA oraz rozpocząć testy na rzeczywistych modelach.

#### LITERATURA

- [1] Cieślak R., I. Wysocki. 2013. „Badania i zastosowanie platform montażowych”. *Inżynieria Maszyn* (4): 117–123. Wydawnictwo Wrocławskiej Rady FSNT NOT.
- [2] Chlebus E. 2000. „Techniki CAx w inżynierii produkcji”. Warszawa: WNT. 103–105.
- [3] ELEKTROBUDOWA SA – katalogi firmy.
- [4] Kurmaz L., O. Kurmaz. 2007. „Projektowanie węzłów i części maszyn”. Kielce: WPS.
- [5] Muffatto M. 1999. “Introducing a platform strategy in product development”. *International Journal of Production Economics* (60-61): 145–146.
- [6] REFA 1984. „Metody badania prac cz. 1 i cz. 2”. Cieszyńska Drukarnia Wydawnicza.
- [7] Simpson T.W. et. al. 2001. “Product platform design: method and application”. *Research in Engineering Design* (13): 2–22.
- [8] Tarnowski W. 1997. „Wspomaganie komputerowe CAD CAM. Podstawy projektowania technicznego”. Warszawa: WNT.
- [9] Qin H. et. al. 2005. “Product platform commonization: platform construction and platform elements capture”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (25): 1071–1077.

---

dr inż. Robert Cieślak – Katedra Mechaniki i Energetyki, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, ul. Przyjaźni 1, 62-510 Konin, e-mail: robertcieslak@wp.pl

inż. Ireneusz Wysocki – ELEKTROBUDOWA SA w Katowicach, Oddział Spółki Rynek Dystrybucji Energii, ul. Przemysłowa 156, 62-505 Konin, e-mail: ireneusz.wysocki@elbudowa.com.pl

Albert Piguła – student Mechaniki i Budowy Maszyn w Katedrze Mechaniki i Energetyki, Wydział Techniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, ul. Przyjaźni 1, 62-510 Konin