

Napędy dużych dzwonów

Stefan Gierlotka

Dzwony towarzyszą człowiekowi od narodzin do śmierci, odmierzają czas pracy i modlitwy. Współcześnie największe dzwony znajdują się w świątyniach Dalekiego Wschodu. Dzwony azjatyckie nie posiadają wewnątrz serca, a uderza się w niego drewnianym bijakiem zawieszonym na linach. Największy dzwon na świecie Great Bell of Dhammazedi o masie około 297 ton, wysokości 6,2 m został wykonany z brązu w 1484 roku i zawieszony w złotej pagodzie Shwe Dagon w Yangon, w Birnie. W Europie największy dzwon Car Kołokoł, który nigdy nie zadzwonił, znajduje się na Kremlu w Moskwie. Waży 202 tony, jego wysokość 6,14 m, a średnica u podstawy 6,60 m. W Polsce najsłynniejszym dzwonem jest Zygmunt z Katedry Wawelskiej w Krakowie, odlany został w 1520 roku, a jego masa z sercem i jarzmem wynosi 12,600 ton.

Do 2017 roku największym kołyszonym, bijącym dzwonem w Europie był Petersglocke w katedrze w Kolonii ważący ponad 24 tony. Największym tego typu dzwonem na świecie był Gotenba Bell o masie 36 ton zawieszony na południowo-wschodnim stoku góry Fudzi w Japonii. W 2017 roku w Polsce, w Nowej Hucie odlano największy na świecie kołyszany dzwon Vox Patris o masie 55 ton.

Napędy dzwonów

Dzwony poruszają się ruchem wahadłowym. Częstotliwość bicia dzwonów, mierzona liczbą uderzeń na minutę, zależy od masy dzwonu i kąta wychylenia. Dzwon mocowany jest do jarzma, które stanowi ruchomy element zawieszenia. Spotyka się zasadniczo dwa rodzaje zawieszenia dzwonów, na jarzmie prostym lub jarzmie łamanym, oparte o wał wykorbiony. Wybór konstrukcji jarzma zależy od masy i momentu bezwładności dzwonu oraz od konstrukcji wieży, w której ma być zawieszony. Dzwony o małej masie, do 0,5 tony zawieszają się na jarzmie prostym. Dzwony duże i ciężkie zawieszają się na jarzmie łamanym.

Dzwony zawieszane na jarzmie prostym mają lepszą akustykę i o około 30% większy zasięg słyszalności od dzwonów na jarzmie łamanym. Praca dzwonu na jarzmie prostym powoduje powstanie czterokrotnie większych sił oddziaływujących na konstrukcję wieży. W przypadku zawieszenia dzwonu na jarzmie łamanym oddziaływanie sił poziomych jest mniejsze. Dla zmniejszenia sił dynamicznych przenoszonych na konstrukcję wieży stosuje się wibroizolatory. Wytworzenie siły napędowej do poruszania dzwonu na jarzmie prostym wymaga znacznie więcej energii niż dzwonu zawieszony na jarzmie łamanym.

Wykonanie jarzma łamanego wymaga dużego doświadczenia, gdyż należy dobrze wyznaczyć wysokość osi łożyskowania. Przebieg osi łożyskowania jarzma nie może przechodzić przez środek ciężkości dzwonu, gdyż siła grawitacyjna nie spowoduje wahnięcia powrotnego do stanu równowagi. Spotykane jarzma łamane posiadają łożyskowanie na wysokości nie mniejszej niż



Kłosz dzwonu Vox Patris po odlaniu



Łożysko dzwonu Vox Patris

jedną trzecią wysokości mierzoną od górnej krawędzi korony dzwonu. Oś łożyskowania jarzma łamanego powinna pokrywać się z wysokością zawieszenia serca wewnątrz dzwonu.

W przeszłości napęd dzwonów stanowiła siła mięśni ludzkich. Układ pociągowy wykonywany był indywidualnie dla każdego dzwonu przez miejscowych rzemieślników, według własnych pomysłów konstrukcyjnych. Z początkiem XX wieku do napędu dzwonów zastosowano rotacyjne silniki elektryczne. Powstało wiele mechanizmów przekształcających ruch obrotowy silnika elektrycznego na ruch wahadłowy dzwonu. Współcześnie do napędów dzwonów znalazł zastosowanie elektryczny silnik liniowy w wersji płasko induktorowej. Ten rodzaj napędu posiada dużo zalet i wypiera napęd tradycyjny z silnikiem obrotowym.

Silnik liniowy powstaje przez przeobrażenie obrotowego silnika indukcyjnego w płaskie rozwinięcie wzdłuż tworzącej. W wykonaniu silnika o strukturze liniowej część pierwotna



Autor przy formie dzwonu Vox Patris



Budowa formy dla dzwonu Vox Patris



Odewanie dzwonu

zasilana z sieci elektrycznej nazywa się induktorem, a część ruchoma bieźnią. Bieźnię wykonuje się z blachy stalowej przewodzącej strumień magnetyczny, na której jest nakładka z blachy aluminiowej przewodzącej indukowany prąd elektryczny. Blacha stalowa zmniejsza reluktancję obwodu magnetycznego i wzmacnia mechanicznie bieźnik, wprowadza jednak działanie sił przyciągania między induktorem a bieźnikiem.

W przypadku napędu dzwonów induktor zamocowany jest trwale do konstrukcji dzwonnicy, a ruchoma bieźnia jest zamocowana do jarzma dzwonu. Długość bieźni odpowiada drodze wychylenia dzwonu. Przy pełnym wychyleniu bieźnia powinna znajdować się nadal pod powierzchnią nieruchomego induktora. Pomiędzy bieźnią a induktorem znajduje się szczelina magnetyczna silnika o grubości około 3 mm. W wyniku oddziaływania prądów indukowanych w bieźni z polem magnetycznym induktora powstaje siła poruszająca dzwon.

Zasilanie induktora silnika liniowego odbywa się przez sterownik mikroprocesorowy, który reguluje czas pracy, kąt wychylenia i liczbę uderzeń w jednej minucie. Sterownik posiada między innymi automatyczny układ wyhamowania dzwonu przy zbliżaniu się do końca wychylenia. Zaprogramowany zegar pozwala realizować pracę dzwonu w powtarzalnych cyklach z uwzględnieniem kalendarza liturgicznego oraz tempa dzwonięcia, np. powolne dzwonięcie pogrzebowe.

Napęd silnikiem liniowym nie posiada mechanicznego połączenia między układem napędowym a ruchomym jarzmem dzwonu, co w przypadkach awarii zasilania umożliwia dzwonięcie ręczne. Elementem sprzęgającym jest pole magnetyczne w szczelinie.

Największy kołysany dzwon na świecie odlano w Polsce

Obecnie największym kołysanym dzwonem świata, jest Vox Patris (Głos Ojca). Odlany został w Polsce, w 2017 roku w Nowej Hucie. Wykonany został przez ludwisarzy z pracowni Jana Felczyńskiego w Przemyślu, we współpracy z firmą Rduch Bells & Clocks w Czernicy koło Rydułtów i spółką Metalodlew w Krakowie. Dzwon został wykonany dla Brazylii i będzie dzwonił w Sanktuarium Boga Ojca Przedwiecznego w Trindade. Sanktuarium w Trindade położone jest około 25 km na zachód od stolicy stanu, miasta Goiânia, oraz około 230 km na południowy zachód od Brasílii, stolicy kraju.

Odlany klosz dzwonu Vox Patris waży 55 ton i zawiera 79% miedzi, 20% cyny i 1% fosforu (jako domieszka w miedzi). Wytute stalowe serce waży 1,2 tony, a uderzająca kula ma 0,5 m średnicy. Konstrukcja nośna z jarzmem waży 11 ton. Całość dzwonu z napędem waży około 70 ton. Dzwon jest wysoki 4,1 m, a średnica klosza u podstawy 4,5 m.

Do wymurowania rdzenia formy tego dzwonu wykorzystano 9 tys. cegieł. Forma zrobiona została – zgodnie ze stosowaną od wieków techniką – z gliny zmieszanej z końskim łajnem. Formę zalewano brązem o temperaturze 1070°C.

Napęd dzwonu stanowi układ 6 silników liniowych, zasilanych napięciem 3×400 V. Każdy induktor silnika liniowego wytwarza siłę ciągu 1200 N. Bieźnię silnika zamykającą obwód magnetyczny wykonano ze stali o grubości 15 mm, a nakładkę, w której indukują się prądy wirowe wykonano z aluminium o grubości 10 mm. Induktory silnika o wymiarach 41×21 cm pracują z bieźnią przy szczelinie 3 mm. Prąd pobierany przez każdy induktor silnika liniowego, w pierwszych chwilach rozruchu wynosi około 40 A.

 dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP