

Bogusław Szuba<sup>1</sup>

## NOWE POLA BADAWCZE W ARCHITEKTURZE - ELEKTROMAGNETYCZNA STRUKTURA OBIEKTU ARCHITEKTONICZNEGO<sup>2</sup>

### Wprowadzenie

„Naturę życia można sprowadzić do pól elektromagnetycznych, a świadomość człowieka winna nosić nie tyle cechy wyłącznie poznawcze, co energetyczne. W bioelektromagnetycznej interpretacji życie i świadomość są sprowadzane ostatecznie do pól elektromagnetycznych. Istnieją więc przesłanki, by mówić o elektromagnetycznej architekturze i sprzężonym z nią wszelkim organizmem, a zwłaszcza ludzkim. Wszystkie elementy architektury łącznie z wykonawcą i użytkownikiem można rozpatrywać w elektromagnetycznych relacjach” [1].

Przedmiotem artykułu jest metoda odwzorowania i badania właściwości elektrycznych obiektu architektonicznego. Obiekty architektoniczne znajdują się zawsze w strefie oddziaływania naturalnych i sztucznych pól elektrycznych, magnetycznych i innych. Wpływają one swoją formą, gabarytami, rodzajem materiału i ich elementów składowych na deformację oraz rozkład pól - w szczególności elektromagnetycznych – wewnątrz i na zewnątrz nich. Wynikiem strat materiałowych oraz deformacji geometrycznych pól jest powstawanie w różnych punktach obiektu architektonicznego potencjałów elektrycznych o różnych wartościach amplitud i częstotliwości. Z punktu widzenia elektrotechniki odzwierciedleniem strat materiałowych i kształtu obiektu architektonicznego może być ustalany indywidualnie **elektryczny schemat zastępczy**. Celem przedstawionej w artykule analizy jest zobrazowanie wpływu geometrii bryły przestrzennej, jaką jest obiekt architektoniczny drewniany lub murowany na charakterystyki częstotliwościowe napięć występujących (indukowanych) w węzłach jego konstrukcji (schematu zastępczego).

---

<sup>1</sup> Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice, e-mail: boguslaw.szuba@wst.com.pl

<sup>2</sup> Przedstawione w artykule treści oparte są o wyniki dotąd niepublikowanych badań, przedstawionych w obronionej w 1992 r. pracy doktorskiej wykonanej przez autora [2].

## 1. Metoda odwzorowania obiektu architektonicznego na elektryczny schemat zastępczy

Przedstawiona metoda polega na tym, że obiekt architektoniczny odwzorowany jest za pomocą sieci przestrzennej lub płaskiej (wzdłuż wybranej płaszczyzny przekroju) analogów elektrycznych. Uzyskanie przedmiotowej sieci poprzedza analiza budowy geometrycznej i materiałowej obiektu architektonicznego. Obiekt dzieli się na jednorodne materiałowo komponenty geometryczne, które następnie przedstawiane są schematem zastępczym połączonych ze sobą w węzłach analogów elektrycznych.

Badanie właściwości elektrycznych tak utworzonej sieci polega na wyznaczeniu parametrów sygnału: amplitudy, fazy i częstotliwości w dowolnym węźle sieci w ten sposób, że wybiera się jeden z węzłów jako węzeł odniesienia, a do wszystkich pozostałych lub wybranych doprowadza się sygnały o określonych parametrach elektrycznych. W badanym węźle wyznacza się parametry docierającego do niego sygnału poprzez zsumowanie jego składowych pochodzących od poszczególnych węzłów źródłowych, przy czym każda para: węzeł źródłowy - węzeł badany stanowi dzielnik amplitudy sygnału węzła odniesienia i jest analizowana oddzielnie.

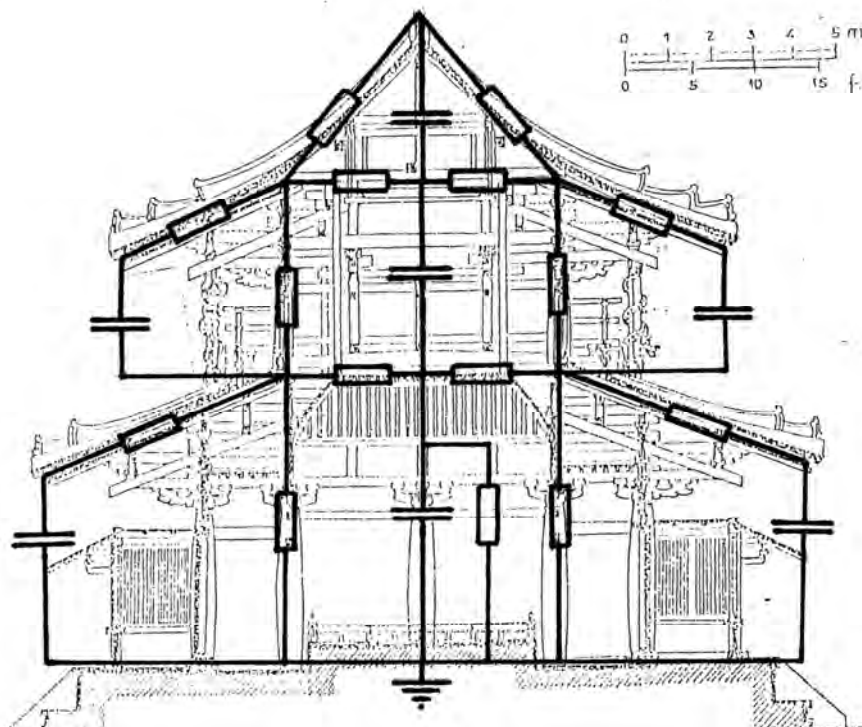
## 2. Analiza elektrycznego schematu zastępczego obiektu architektonicznego<sup>3</sup>

Dla zobrazowania przyjętej przez autora metody badawczej wybrano jeden z najbardziej charakterystycznych obiektów architektonicznych Dalekiego Wschodu - pagodę. Forma tego obiektu do złudzenia przypomina kształt izolatora stosowanego w technice przesyłania energii elektrycznej wysokich napięć. „Daszki” izolatora stanowią okładki szeregowo połączonych kondensatorów, rolę dielektryka spełnia tu zawarte pomiędzy nimi powietrze. Korpus izolatora, łączący „daszki”, to zestaw szeregowo połączonych rezystorów. Oczywiście wielkość pagody znacząco przekracza gabaryty rozpatrywanego izolatora.

Znaczenie szczególne wydaje się tu mieć parametr wysokości bryły. Im obiekt wyższy, tym współoddziaływanie otoczenia stają się bardziej aktywne (wpływ wzrostu różnicy potencjałów elektrycznych występujących w obszarze podstawy obiektu - „ładowanej energią pól wytworzonych bezpośrednio przy powierzchni ziemi oraz w strefie wierzchołka obiektu - „ładowanego” energią pól zawartych w atmosferze na rozpatrywanej wysokości)<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Analizy elektrycznego schematu zastępczego pagody dokonano przy współudziale mgra inż. Marka Madeja, pracownika Wydziału Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej za pomocą oprogramowania komputerowego Micro-Cap.

<sup>4</sup> Właściwość ta znajduje swe zastosowanie już w starożytności. Aby ustrzec się przed uderzeniem pioruna, stosowano wysokie zaostrzone maszty. Podczas prac wykopaliskowych i archeologicznych w Egipcie znaleziono na ścianach starożytnych świątyń napisy wyjaśniające stosowanie masztów jako środka zabezpieczającego przed „niebieskim ogniem” [3, s. 409].



Rys. 1. Przekrój pionowy przez pagodę oraz jej elektryczny schemat zastępczy (rys. autora [2])

Rysunek 1 przedstawia nałożony na przekrój dwukondygnacyjnej pagody jej uproszczony elektryczny schemat zastępczy. Budowla jest usytuowana na planie kwadratu, natomiast płaszczyzna przekroju przecina ją wzdłuż pionowej osi symetrii w kierunku prostopadłym do jej ścian. W uproszczeniu nie uwzględniono wszystkich drobnych elementów konstrukcyjnych budowli, ich przekrojów i powierzchni bocznych oraz faktu, że pojemności i rezystancje są parametrami rozłożonymi, a nie skupionymi - jak na schemacie. Ten ostatni fakt uwzględniono jednak w pewnym stopniu przy oszacowaniu liczbowych elementów schematu zastępczego.

Wartości pojemności schematu zastępczego są bardzo zbliżone (jednakowa powierzchnia „okładek kondensatora”), natomiast różnie mogą być obliczone, a tym bardziej zmierzone wartości rezystorów, w zależności od sposobu obliczania długości i pola przekroju elementów konstrukcyjnych (w szczególności ścian).

W celu uproszczenia konstruowania i analizy elektrycznego schematu zastępczego obiektów przyjęto szereg założeń upraszczających:

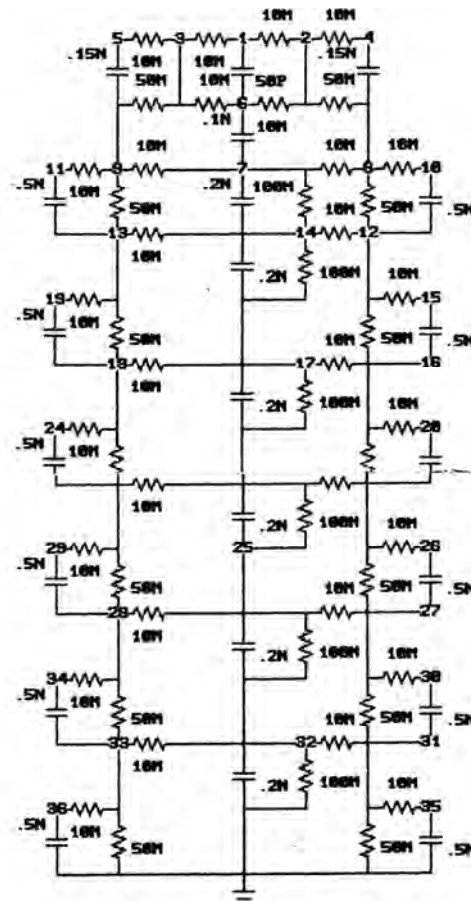
- Pominięto wpływ przekroju poziomego bryły.
- Pominięto w schemacie indukcyjności zastępcze elementów konstrukcyjnych, trudne do oszacowania na tym etapie badań.

- Przy oszacowaniu wartości elementów schematu zastępczego traktowano elementy konstrukcyjne (ściany, stropy, daszki itp.) jako formy o parametrach elektrycznych skupionych.
- Pominięto wpływ zależności stałych materiałowych ( $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\gamma$ )<sup>5</sup> elementów konstrukcyjnych oraz ich rezystancji powierzchniowej.
- Przy analizie schematu zastępczego obiektu architektonicznego za punkt wejściowy sygnału przyjęto „szczyt dachu”, natomiast za punkt odniesienia jego podstawę, tzw. „ziemię”.
- Przedstawiono wyniki analizy dla ściśle określonych wstępnie wartości elektrycznego schematu zastępczego. Ze względu na ograniczony w pracy zakres zagadnienia charakterystyki dla innych wartości nie zostały zamieszczone, choć analizy te w granicach 20% ich wartości zostały przez autora wykonane. Charakter jakościowy przebiegu tych charakterystyk jest podobny do zamieszczonych w pracy.
- Zastosowany prosty program do analizy obwodów elektrycznych nie pozwalał na superpozycję sygnałów, a tym bardziej na graficzne przedstawienie jej wyników.
- Po zbudowaniu elektrycznego schematu zastępczego obiektu i oszacowaniu wartości poszczególnych rezystancji i pojemności podano go analizie. Przy obliczeniu rezystancji zostały oszacowane wymiary geometryczne elementów konstrukcyjnych (ściany, stropy, daszki, okapy). Przyjęto średnią wartość oporu właściwego dla drewna i materiałów ceramicznych (cegła, beton) w granicach  $10^{12}$ - $10^{14} \frac{\Omega \text{cm}^2}{\text{m}}$ .
- Przy obliczaniu pojemności pomiędzy ścianami stropami lub daszkami zastosowano wzór na pojemność kondensatora płaskiego. Przyjęto  $\epsilon_r = \epsilon_0$  (przenikalność elektryczna próżni  $8,85416 \times 10^{-12}$  F/m) [4].
- Przedstawione poniżej schematy zastępcze obiektu nie uwzględniają ich „połączenia” i oddziaływania z podłożem oraz otaczającą przestrzenią. Obiekt jest traktowany jako izolowany od otoczenia. Umowny elektryczny punkt odniesienia, tzw. „ziemia”, nie odzwierciedla właściwości gruntu, na którym wzniesiony jest obiekt i cech konstrukcyjnych jego fundamentu, a jedynie - z punktu widzenia elektrycznej analizy obwodów - sztucznie wprowadzonym potencjałem odniesienia (zerowym) dla pozostałych węzłów schematu elektrycznego (metoda potencjałów węzłowych) [5].

W pierwszej kolejności zastąpiono trójwymiarową strukturę obiektu przez odpowiedni dwuwymiarowy elektryczny schemat zastępczy, przy czym uwzględniono jedynie elementy R i C (rezystancje stropów, belek wsporczych, ścian, okapów dachu i daszków oraz pojemności pomiędzy płaszczyznami stropów i ścian daszków i okapów).

<sup>5</sup>  $\epsilon_0$  - przenikalność elektryczna próżni,  $\mu_0$  - przenikalność magnetyczna próżni,  $\gamma$  - współczynnik Poissona - stała materiałowa określająca zwężenie przekroju poprzecznego ciała rozciągane siłami podłużnymi.

Następnie dla przyjętego uproszczonego schematu zastępczego dokonano oszacowania parametrów dla powietrza i materiałów konstrukcyjnych [6]. Dla przestrzeni powietrznej pomiędzy daszkami, ścianami lub stropami „rezystancja właściwa” powietrza w porównaniu z „równoległą” do niej rezystancją właściwą elementów konstrukcyjnych ( $1012 \div 1014 \frac{\Omega \text{cm}^2}{\text{m}}$ ) jest wielokrotnie większa, w związku z czym dla ww. przestrzeni zawierających powietrze schemat zawiera jedynie pojemność geometryczną wg uproszczonego wzoru na pojemność kondensatora płaskiego (niektóre płaszczyzny traktowano jako równoległe). Dla elementów konstrukcyjnych, jak ściany, belki i stropy, ich pojemność geometryczna (skupiona w płaszczyźnie przekroju poprzecznego) jest ze względu na znacznie mniejszą powierzchnię (min. 50-100 razy) zdecydowanie mniejsza od „bocznikującej” ją pojemności przestrzeni powietrznej. Względny wzrost  $\epsilon$  materiałów konstrukcyjnych wynosi ok. 3-8 razy. W związku z powyższym zastosowano kolejne uproszczenie schematu zastępczego dielektryka, uwzględniając dla elementów konstrukcyjnych jedynie ich rezystancję.



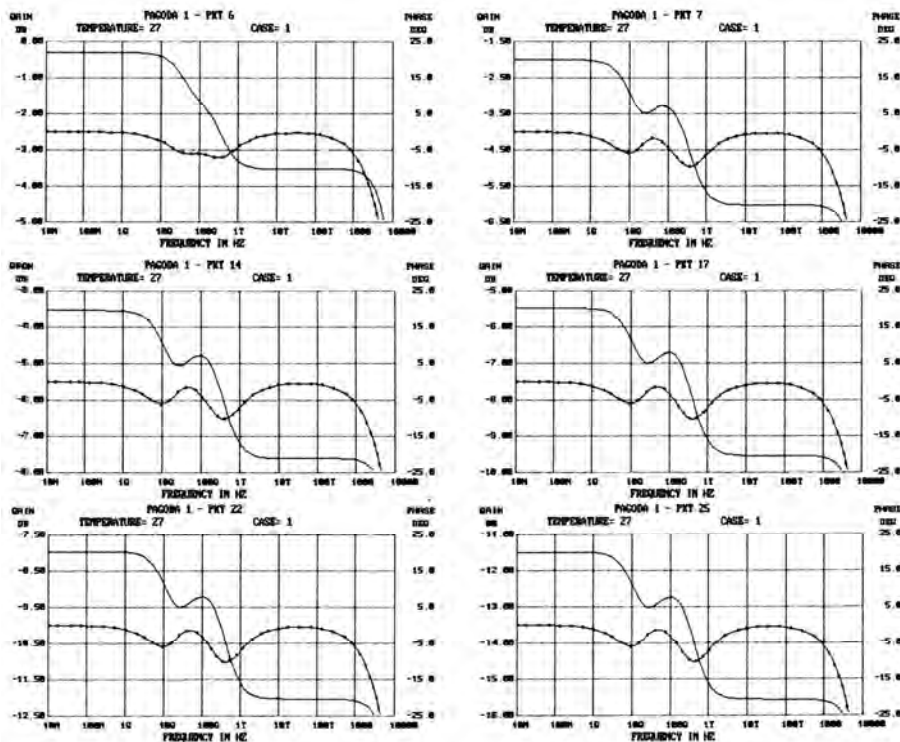
Rys. 2. Elektryczny schemat zastępczy siedmiokondygnacyjnej pagody (rys. autora [2])

Rysunek 2 przedstawia schemat zastępczy siedmiokondygnacyjnej pagody wykonanej z drewna. Obiekt jest zbudowany na planie kwadratu, posiada czterospadowy dach oraz boczne daszki na każdej kondygnacji. Elektryczny schemat zastępczy odzwierciedla geometryczny przekrój budowli z uwzględnieniem rezystancji ścian, stropów, dachu i daszków oraz pojemności pomiędzy dachem i stropami.

Przedstawione poniżej charakterystyki symulacyjne są charakterystykami wzmocnienia (amplitudy) funkcji częstotliwości, przy czym za punkt źródłowy przyjęto szczyt dachu. W osi odciętych zaznaczono w skali logarymicznej zmiany częstotliwości sygnału wejściowego (w zakresie  $10^7 \div 10^{16}$  Hz), natomiast w osi rzędnych (z lewej strony) liniową skalę wzmocnienia (Gain) sygnału wyjściowego względem wejściowego wg wzoru:

$$K[\text{dB}] = 20 \log \frac{U_{wy}}{U_{we}}$$

natomiast z prawej strony liniową skalę przesunięcia fazowego (Phase) w stopniach kątowych. Ujemne wartości wzmocnienia we wszystkich przypadkach wskazują na spadek amplitudy sygnału wyjściowego względem wejściowego (tłumienie), wynikający z biernego charakteru elektrycznego schematu zastępczego i braku czynnych elementów wzmacniających.



Rys. 3. Charakterystyki symulacyjne wzmocnienia (amplitudy) funkcji częstotliwości (rys. autora [2])

Punktem odniesienia dla wszystkich sygnałów wejściowych i wyjściowych jest tzw. „ziemia”.

Zamieszczone na rysunku 3 charakterystyki częstotliwościowe obrazują zmianę wzmocnienia i fazy sygnału w wybranych punktach budowli, zaznaczonych na rysunku odpowiednimi numerami węzłów - w środku każdej kondygnacji. Na wszystkich wykresach obserwuje się spadek wzmocnienia sygnału w zakresie częstotliwości od ok. 30 GHz do 20 THz o ok. 3÷4 dB z charakterystycznym przecięciem przy częstotliwości ok. 60 GHz. Poniżej częstotliwości 100 MHz charakterystyka jest płaska o ustalonym wzmocnieniu, natomiast powyżej 1000 THz ( $10^{15}$  Hz) obserwuje się stały spadek wzmocnienia (górna częstotliwość graniczna wzmocnienia).

Faza sygnału w zakresie spadku wzmocnienia jest ujemna (do ok. -10 deg) i zmienia dwukrotnie znak swej pochodnej. W pozostałym zakresie częstotliwości przesunięcie fazowe jest bliskie zero, natomiast poza górną częstotliwością graniczną wzmocnienia jest ujemna i zwiększa stale swą wartość. Przy nieznacznej zmianie wartości elementów schematu zastępczego (ok. 20%) charakter zmian wzmocnienia i fazy jest identyczny. Zmienia się jedynie zakres częstotliwości spadku wzmocnienia o ok. 10% podziałki w osi odciętych (częstotliwości).

### Podsumowanie

Z punktu widzenia elektroniki przedstawione wyżej elektryczne schematy zastępcze obiektów architektonicznych przedstawiają filtry dolnoprzepustowe.

Zakres oddziaływania przedstawionych obiektów architektonicznych na widmo częstotliwościowe napięć indukowanych w ich elementach konstrukcyjnych (wywoływanych między innymi polem elektromagnetycznym otoczenia) zawiera się w przedziale ok. 80 MHz do 5000 THz.

Elementy zewnętrzne składające się na formę obiektu architektonicznego, takie jak balkony, okapy, wykusze, wsporniki itp., mają wpływ na ilościową i jakościową zmianę charakterystyk częstotliwościowych analizowanego budynku (reprezentowanego przez jego elektryczny schemat zastępczy).

Z punktu widzenia analizowanych zjawisk elektromagnetycznych zarówno forma (parametry geometryczne), jak i użyty materiał budowlany obiektu wpływają na „jakość” otaczającego nas środowiska, co może oddziaływać w istotny sposób na przebywających w obiektach architektonicznych ludzi.

Jednym z zasadniczych oddziaływań obiektów architektonicznych jest ich wpływ na moc poszczególnych pasm środowiska elektromagnetycznego, co z punktu widzenia zachowania zdrowia organizmu żywego może posiadać istotne znaczenie.

W świetle przedstawionych badań oddziaływania obiektu architektonicznego na właściwości i zjawiska fizyczne w jego wewnętrznej i zewnętrznej przestrzeni można stwierdzić, że istnieje możliwość i potrzeba kształtowania jego formy oraz doboru materiału w kierunku pożądanego, korzystnego oddziaływania na przebywających w nich ludzi.

W sferze zagadnień bioelektronicznych i elektrycznych obiekt architektoniczny i jego użytkownik stanowią wzajemnie powiązany układ bioelektromagnetyczny.

Celowe jest podjęcie dalszych badań nad przestrzennym rozkładem pola elektromagnetycznego w obiektach budowlanych z uwzględnieniem specyfiki ich konstrukcji, formy oraz bardziej precyzyjnego rozpoznania względem właściwości elektrycznych, magnetycznych, piezoelektrycznych, etc. użytego budulca.

Przedstawiona metoda badawcza, odpowiednio rozszerzona i uściślona, może stanowić podstawę „elektronicznego” kształtowania obiektu architektonicznego, w szczególności względem precyzowania jego formy i użytego materiału budowlanego. Autor stawia hipotezę, że w przyszłości, kierując się optymalnymi warunkami zdrowotnymi, na drodze przekształcania odpowiednio zbudowanego elektrycznego schematu zastępczego obiektu lub zespołu architektonicznego, będzie można wyznaczyć jego optymalny kształt, konstrukcję, materiał oraz wystrój wewnętrzny i zewnętrzny.

### Literatura

- [1] Sedlak W., Życie jest światłem, IW PAX, Warszawa 1985.
- [2] Szuba B., Elementy architektury i ich harmonia z przyrodą jako jeden z podstawowych warunków kształtowania otoczenia człowieka, Politechnika Śląska (praca doktorska-maszynopis), 1992.
- [3] Skorko M., Fizyka, PWN, Warszawa 1973.
- [4] Antoniewicz J., Tablice matematyczno-fizyczne, PWN, Warszawa 1991.
- [5] Krakowski M., Elektrotechnika teoretyczna. Obwody liniowe i nieliniowe, Tom 1, PWN, Warszawa 1983.
- [6] Kolbiński K, Słowikowski J. „Materiałoznawstwo elektrotechniczne”, WNT, Warszawa 1988.

### Streszczenie

W oparciu o zastosowanie tzw. elektrycznego schematu zastępczego, określanego względem danego obiektu architektonicznego w sposób indywidualny, podjęto próbę wyjaśnienia fizycznego współoddziaływania jego bryły jako filtra częstotliwości prądów indukowanych w jego elementach konstrukcyjnych. Podobnie jak schemat statyczny danej konstrukcji pozwala badać rozkłady naprężeń sił w niej występujących, tak elektryczny schemat zastępczy umożliwia przeprowadzenie analizy współoddziaływania obiektu z istniejącym w określonej lokalizacji polem elektromagnetycznym. Przedstawiona przez autora metoda analizy elektrycznego schematu zastępczego budowli architektonicznej otwiera w dziedzinie architektury nowe pola badawcze, pozwalające na poszukiwania dotąd nieznanych w budownictwie zastosowań praktycznych.

**Słowa kluczowe:** obiekt architektoniczny, elektryczny schemat zastępczy, elektromagnetyczna struktura obiektu

### New research areas in architecture electromagnetic structure of architectural object

#### Abstract

Based on applying the so-called electric outline substitute, determined with regard to the given architectural object in the individual way, an attempt to explain of the physical co-influence of his lump, as



the filter of the frequency of induced currents in his structural elements was taken. Similarly to the static scheme which lets study schedules of stresses of powers appearing in the given structure, such an electric substitute scheme enables to conduct analysis of the co-influence of the object with existing in the determined location electromagnetic field. The presented by the author method of the electric substitute scheme of the architectural building is opening new fields research, allowing for the searching of practical applications, until now unknown in the field of architecture.

**Keywords:** architectural object, electrical substitute diagram, electromagnetic structure of the object