

MCVT

Závěrečný projekt

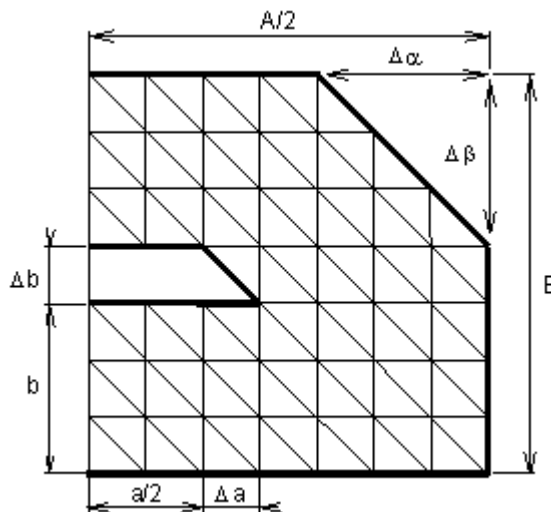
Metoda konečných prvků

Zadání:

Vytvořte v MATLABu program, který metodou konečných prvků vypočítá tři nejnižší vidy příčně elektrické a tři nejnižší vidy příčně magnetické. Výsledky své analýzy ověřte ve FEMLABu.

Vytvořte v MATLABu program, který bude metodou konečných prvků v časové oblasti počítat odezvu vlnovodu na impuls, jehož nosná odpovídá vypočteným kritickým vlnovým číslům.

Vlnovod z obrázku má rozměry $A = 21 \text{ mm}$, $a = 6 \text{ mm}$, $Da = 1,5 \text{ mm}$, $D\alpha = 4.5 \text{ mm}$, $B = 21 \text{ mm}$, $b = 9 \text{ mm}$, $Db = 3 \text{ mm}$. Předpokládejte, že plášť vlnovodu je vyroben z dokonalého elektrického vodiče a že uvnitř vlnovodu je vakuum. V podélném směru se vlastnosti vlnovodu nemění. Vzhledem k tomu, že vlnovod je symetrický, je na obrázku nakreslena jen jeho polovina.



Postup:

Prvně bylo potřeba vytvořit vazební matici daného vlnovodu, byla sestavena očíslováním uzlů a vrcholů trojúhelníků rozděleného vlnovodu. Pak bylo třeba vygenerovatv diskretizační síť sestávající z pravoúhlých trojúhelníkových prvků. Následně se sestavily matice koeficientů pro izolované konečné prvky. Jelikož k tomu, že matice \mathbf{S} a \mathbf{T} jsou pro oba konečné prvky jednoho společného dvojprvku identické, vypočteme matice pro dolní prvek a výsledek zkopírujeme na pozici odpovídající hornímu prvku v dvojici. Dále sloučíme izolované lokální prvky do celistvé diskretizační sítě. Pak vypustíme z matic \mathbf{S} a \mathbf{T} ty řádky a sloupce, které odpovídají globálním uzlům ležícím na dokonale elektricky vodivých stěnách případně na přepážce (podle vln TE a TM a sudých a lichých). Nakonec se jen vyřešil problém hlavních čísel a vypočetly příslušné vidové frekvence.

V časově analytické části se hodnoty intenzit v jednotlivých prvcích vkládaly do matice a zobrazovaly. Matici však bylo nutné předtím „oříznout“ podle skutečného tvaru a jednotlivé prvky do ní správně poskládat.

Zdroják:

```
- naplnění matice C (pro zkrácení výpisu ve 2 sloupcích
%MCVT - Projekt No. 20 - matice C
%-----
function C = mat_c ( )
C(41,15)=1;
C(59,15)=1;
C(61,15)=1;
C(84,15)=1;

C=sparse(252,58);

C(21,16)=1;
C(40,16)=1;
C(62,16)=1;

C(2,2)=1;
C(4,2)=1;
C(27,2)=1;

C(65,17)=1;
C(85,17)=1;
C(108,17)=1;

C(5,3)=1;
C(7,3)=1;
C(30,3)=1;

C(45,18)=1;
C(64,18)=1;
C(68,18)=1;
C(86,18)=1;
C(88,18)=1;
C(111,18)=1;

C(8,4)=1;
C(10,4)=1;
C(33,4)=1;

C(48,19)=1;
C(67,19)=1;
C(71,19)=1;
C(89,19)=1;
C(91,19)=1;
C(114,19)=1;

C(11,5)=1;
C(13,5)=1;
C(36,5)=1;

C(14,6)=1;
C(16,6)=1;
C(39,6)=1;

C(51,20)=1;
C(70,20)=1;
C(74,20)=1;
C(92,20)=1;
C(117,20)=1;

C(17,7)=1;
C(19,7)=1;
C(42,7)=1;

C(20,8)=1;

C(54,21)=1;
C(73,21)=1;
C(77,21)=1;
C(95,21)=1;
C(120,21)=1;

C(23,9)=1;
C(43,9)=1;
C(66,9)=1;

C(3,10)=1;
C(22,10)=1;
C(26,10)=1;
C(44,10)=1;
C(46,10)=1;
C(69,10)=1;

C(57,22)=1;
C(76,22)=1;
C(80,22)=1;
C(98,22)=1;
C(123,22)=1;

C(6,11)=1;
C(25,11)=1;
C(29,11)=1;
C(47,11)=1;
C(49,11)=1;
C(72,11)=1;

C(60,23)=1;
C(79,23)=1;
C(83,23)=1;
C(101,23)=1;
C(126,23)=1;

C(9,12)=1;
C(28,12)=1;
C(32,12)=1;
C(50,12)=1;
C(52,12)=1;
C(75,12)=1;

C(63,24)=1;
C(82,24)=1;
C(104,24)=1;

C(107,25)=1;
C(127,25)=1;
C(141,25)=1;

C(12,13)=1;
C(31,13)=1;
C(35,13)=1;
C(53,13)=1;
C(55,13)=1;
C(78,13)=1;

C(87,26)=1;
C(106,26)=1;
C(110,26)=1;
C(128,26)=1;
C(130,26)=1;
C(144,26)=1;

C(15,14)=1;
C(34,14)=1;
C(38,14)=1;
C(56,14)=1;
C(58,14)=1;
C(81,14)=1;

C(90,27)=1;
C(109,27)=1;
C(113,27)=1;
C(131,27)=1;
C(133,27)=1;
C(147,27)=1;

C(18,15)=1;
C(37,15)=1;

C(93,28)=1;
C(112,28)=1;
C(116,28)=1;
```

C (134, 28) =1;
C (136, 28) =1;
C (150, 28) =1;

C (96, 29) =1;
C (115, 29) =1;
C (119, 29) =1;
C (137, 29) =1;
C (153, 29) =1;

C (99, 30) =1;
C (118, 30) =1;
C (122, 30) =1;

C (102, 31) =1;
C (121, 31) =1;
C (125, 31) =1;

C (105, 32) =1;
C (124, 32) =1;

C (140, 33) =1;
C (154, 33) =1;

C (129, 34) =1;
C (139, 34) =1;
C (143, 34) =1;
C (155, 34) =1;
C (157, 34) =1;
C (177, 34) =1;

C (132, 35) =1;
C (142, 35) =1;
C (146, 35) =1;
C (158, 35) =1;
C (160, 35) =1;
C (180, 25) =1;

C (135, 36) =1;
C (145, 36) =1;
C (161, 36) =1;
C (163, 36) =1;
C (183, 36) =1;

C (138, 37) =1;
C (148, 37) =1;
C (164, 37) =1;
C (166, 37) =1;
C (186, 37) =1;

C (151, 38) =1;
C (167, 38) =1;
C (169, 38) =1;
C (189, 38) =1;

C (170, 39) =1;
C (172, 39) =1;
C (192, 39) =1;

C (173, 40) =1;

C (156, 41) =1;
C (176, 41) =1;
C (193, 41) =1;

C (159, 42) =1;
C (175, 42) =1;
C (179, 42) =1;
C (194, 42) =1;
C (196, 42) =1;
C (213, 42) =1;

C (162, 43) =1;
C (178, 43) =1;
C (182, 43) =1;
C (197, 43) =1;
C (199, 43) =1;
C (216, 43) =1;

C (165, 44) =1;
C (181, 44) =1;
C (185, 44) =1;
C (200, 44) =1;
C (202, 44) =1;
C (219, 44) =1;

C (168, 45) =1;
C (184, 45) =1;
C (188, 45) =1;
C (203, 45) =1;
C (205, 45) =1;
C (222, 45) =1;

C (171, 46) =1;
C (187, 46) =1;
C (191, 46) =1;
C (206, 46) =1;
C (208, 46) =1;
C (225, 46) =1;

C (174, 47) =1;
C (190, 47) =1;
C (209, 47) =1;

C (195, 48) =1;
C (212, 48) =1;
C (226, 48) =1;

C (198, 49) =1;
C (211, 49) =1;
C (215, 49) =1;
C (227, 49) =1;
C (229, 49) =1;
C (243, 49) =1;

C (201, 50) =1;
C (214, 50) =1;
C (218, 50) =1;
C (230, 50) =1;
C (232, 49) =1;
C (246, 50) =1;

C (204, 51) =1;
C (217, 51) =1;
C (221, 51) =1;
C (233, 51) =1;
C (235, 51) =1;
C (249, 51) =1;

C (207, 52) =1;
C (220, 52) =1;
C (224, 52) =1;
C (236, 52) =1;
C (238, 52) =1;
C (252, 52) =1;

C (210, 53) =1;
C (223, 53) =1;
C (239, 53) =1;

C (228, 54) =1;
C (242, 54) =1;

C (231, 55) =1;
C (241, 55) =1;
C (245, 55) =1;

C (234, 56) =1;
C (244, 56) =1;
C (248, 56) =1;

C (237, 57) =1;
C (247, 57) =1;
C (251, 57) =1;

C (240, 58) =1;
C (250, 58) =1;

- výpočet vlnových čísel a frekvencí pro sudé vidy TE

%MCVT - Projekt No. 20 - TE sude

```
-----
% konstanty
a = 10.5e-3;           % sirka vlnovodu
b = 21e-3;            % vyska vlnovodu
Nx = 7;               % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;               % pocet prvku ve smeru kratssi steny vlnovodu
dx = a/Nx;            % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;            % rozdeleni kratssi steny vlnovodu
mi = 4*pi*1e-7;       % mi
eps = 8.854*1e-12;    % epsilon
C = mat_c;            % nacteni matice C
-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2; % sestaveni matic koeficientu izolovanych KP
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;    % matice pro normovane prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normovane prvky

Sa = zeros(3*84);     % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84           % 84 k.p.
    for j = 1:3        % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
        Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
        Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
        Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
    end
end

S = C'*Sa*C;          % sloucení izolovanych KP do diskretizacni site
T = C'*Ta*C;

[H,k] = eig(S,T);     % reseni problemu vlastnich cisel
kn = sqrt(diag(k));
kn(1:3)
f = sqrt(kn.^2/(4*mi*eps*pi^2)); % vypocet frekvence
f(1:4)
```

- výpočet vlnových čísel a frekvencí pro liché vidy TE

%MCVT - Projekt No. 20 - TE liche

```
-----
% konstanty
a = 10.5e-3;           % sirka vlnovodu
b = 21e-3;            % vyska vlnovodu
Nx = 7;               % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;               % pocet prvku ve smeru kratssi steny vlnovodu
dx = a/Nx;            % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;            % rozdeleni kratssi steny vlnovodu
mi = 4*pi*1e-7;       % mi
eps = 8.854*1e-12;    % epsilon
C = mat_c;            % nacteni matice C
-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2;
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;    % matice pro normovane prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normovane prvky

Sa = zeros(3*84);     % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84           % 84 k.p.
    for j = 1:3        % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
    end
end
```

```

    Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
    Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
    Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
end
end

S = C'*Sa*C;           % sloučení izolovaných KP do diskretizační site
T = C'*Ta*C;

Sr=S;                 % vynechání prepážky
bz=0;
for x = [16 24 47 53]
    y=x-bz;
    Sr(:,y)=[];
    Sr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

Tr=T;                 % vynechání prepážky
bz=0;
for x = [16 24 47 53]
    y=x-bz;
    Tr(:,y)=[];
    Tr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

[H,k] = eig(Sr,Tr);   % řešení problému vlastních čísel
kn = sqrt(diag(k));
kn(1:3)
f = sqrt(kn.^2/(4*mi*eps*pi^2)); % výpočet frekvence
f(1:4)

```

- výpočet vlnových čísel a frekvencí pro sudé vidy TM

%MCVT - Projekt No. 20 - TM sude

```

%-----
% konstanty
a = 7e-3;           % sirka vlnovodu
b = 7e-3;           % vyska vlnovodu
Nx = 8;             % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;             % pocet prvku ve smeru kratsi steny vlnovodu
dx = a/Nx;          % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;          % rozdeleni kratsi steny vlnovodu
mi = 4*pi*1e-7;     % mi
eps = 8.854*1e-12; % epsilon
C = mat_c;          % nacteni matice C
%-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2;
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;   % matice pro normované prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normované prvky

Sa = zeros(3*84);    % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84          % 84 k.p.
    for j = 1:3       % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
        Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
        Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
        Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
    end
end

S = C'*Sa*C;         % sloučení izolovaných KP do diskretizační site
T = C'*Ta*C;

Sr=S;                 % vynechání steny a prepážky
bz=0;
for x = [1:9 16 17 24 25 29:33 38:41 47 48 53 54:58]
    y=x-bz;
    Sr(:,y)=[];
    Sr(y,:)=[];

```

```

    bz=bz+1;
end

Tr=T;          % vynechani steny a prepazky
bz=0;
for x = [1:9 16 17 24 25 29:33 38:41 47 48 53 54:58]
    y=x-bz;
    Tr(:,y)=[];
    Tr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

[H,k] = eig(Sr,Tr);    % reseni problemu vlastnich cisel
kn = sqrt(diag(k));
kn(1:3)

f = sqrt(kn.^2/(4*mi*eps*pi^2));    % vypocet frekvence
f(1:4)

```

- výpočet vlnových čísel a frekvencí pro liché vidy TM

%MCVT - Projekt No. 20 - TM liche

```

%-----
% konstanty
a = 7e-3;          % sirka vlnovodu
b = 7e-3;          % vyska vlnovodu
Nx = 8;           % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;           % pocet prvku ve smeru kratssi steny vlnovodu
dx = a/Nx;        % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;        % rozdeleni kratssi steny vlnovodu
mi = 4*pi*1e-7;   % mi
eps = 8.854*1e-12; % epsilon
C = mat_c;        % nacteni matice C
%-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2;
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;    % matice pro normovane prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normovane prvky

Sa = zeros(3*84);    % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84          % 84 k.p.
    for j = 1:3       % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
        Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
        Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
        Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
    end
end

S = C'*Sa*C;
T = C'*Ta*C;

Sr=S;                % vynechani steny
bz=0;
for x = [1:9 17 25 29:33 38:41 48 54:58]
    y=x-bz;
    Sr(:,y)=[];
    Sr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

Tr=T;                % vynechani steny
bz=0;
for x = [1:9 17 25 29:33 38:41 48 54:58]
    y=x-bz;
    Tr(:,y)=[];
    Tr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

[H,k] = eig(Sr,Tr);
kn = sqrt(diag(k));

```

```
kn(1:3)

f = sqrt(kn.^2/(4*mi*eps*pi^2));
f(1:4)
```

- časová analýza vlnovodu pro TE sude

```
%MCVT - Projekt No. 20 - casova odezva na impuls TE sude
```

```

%-----
a = 10.5e-3;           % sirka vlnovodu
b = 21e-3;            % vyska vlnovodu
Nx = 7;               % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;               % pocet prvku ve smeru kratssi steny vlnovodu
dx = a/Nx;           % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;           % rozdeleni kratssi steny vlnovodu
ep0 = 8.854e-12;     % konstanty
mi0 = pi*4e-7;
c = 3e8;
fb = 1.4671e10       % definice frekvence pozadovaneho vidu
C = mat_c;           % nacteni matice C
%-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2;
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;   % matice pro normovane prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normovane prvky

Sa = zeros(3*84);    % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84          % 84 k.p.
    for j = 1:3       % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
        Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
        Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
        Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
    end
end

S = C'*Sa*C;         % sloucení izolovaných KP do diskretizacni site
T = C'*Ta*C;

% ***** Reseni pomoci explicitniho algoritmu (2D)*****
pol=16;               % poloha buzeni
cdt = 0.5*min([dx dy])/(sqrt(2)); % soucin c*dt - polovicni s ohledem na stabilitu metody
dt = cdt/c;          % casovy krok

I = diag(ones(1,58),0); % diagonalni matice I
Y = 2*I - (cdt^2)*(inv(T))*S; % vypocet matice Y

H = zeros( length(Y), 3);
g = zeros( length(Y), 1);
B = zeros( Ny+1, Nx+1); % inicializace matice B

for t=0:500

    g(pol)=cos(2*pi*fb*dt*t); % nastaveni buzeni do predem urceneho mista (tvorba budiciho signalu)

    H(:,3) = Y*H(:,2) - H(:,1) - g; % reseni metody
    H(:,1)=H(:,2); H(:,2)=H(:,3);

    %prerovnani do matice
    A=H(:,3); % tvorba vystupni matice
    B(1,:) = [A(1:8)'];
    B(2,:) = [A(9:16)'];
    B(3,:) = [A(17:24)'];
    B(4,:) = [A(25:32)'];
    B(5,:) = [A(33:40)'];
    B(6,:) = [0 A(41:47)'];
    B(7,:) = [0 0 A(48:53)'];
    B(8,:) = [0 0 0 A(54:58)']; % 0 0 0 = oriznuti do realneho tvaru

    colormap('autumn'); % vykresleni
    surf(B);
    axis([0 Nx+1 0 Ny+1 -20 20]);

```

```
    pause(0.02);
end
```

- časová analýza vlnovodu pro TM sudé

```
%MCVT - Projekt No. 20 - casova odezva na impuls TM sude
```

```
-----
a = 10.5e-3;           % sirka vlnovodu
b = 21e-3;            % vyska vlnovodu
Nx = 7;               % pocet prvku ve smeru delsi steny vlnovodu
Ny = 7;               % pocet prvku ve smeru kratssi steny vlnovodu
dx = a/Nx;           % rozdeleni delsi steny vlnovodu
dy = b/Ny;           % rozdeleni kratssi steny vlnovodu
ep0 = 8.854e-12;     % konstanty
mi0 = pi*4e-7;
c = 3e+8;
fb = 4.8774e10        % definice frekvence pozadovaneho vidu
C = mat_c;           % nacteni matice C
-----

Q1 = [ 0 0 0; 0 1 -1; 0 -1 1] / 2;
%Q2 = [ 1 0 -1; 0 0 0; -1 0 1] / 2;
Q3 = [ 1 -1 0; -1 1 0; 0 0 0] / 2;
Te = [ 2 1 1; 1 2 1; 1 1 2] /12;

Tx = (dx*dy/2)*Te;   % matice pro normovane prvky
Sx = (dx/dy)*Q1+(dy/dx)*Q3; % matice pro normovane prvky

Sa = zeros(3*84);    % muj vlnovod ma 84 k.p.
Ta = zeros(3*84);

for i = 1:84          % 84 k.p.
    for j = 1:3       % kazdy konecny prvek ma 3 vrcholy
        Sa(3*i-3+j,3*i-2) = Sx(j,1);
        Sa(3*i-3+j,3*i-1) = Sx(j,2);
        Sa(3*i-3+j,3*i) = Sx(j,3);
        Ta(3*i-3+j,3*i-2) = Tx(j,1);
        Ta(3*i-3+j,3*i-1) = Tx(j,2);
        Ta(3*i-3+j,3*i) = Tx(j,3);
    end
end

S = C'*Sa*C;         % sloucení izolovaných KP do diskretizací site
T = C'*Ta*C;

Sr=S;                % vynechání stěny a prepážky
bz=0;
for x = [1:9 16 17 24 25 29:33 38:41 47 48 53 54:58]
    y=x-bz;
    Sr(:,y)=[];
    Sr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

Tr=T;                % vynechání stěny a prepážky
bz=0;
for x = [1:9 16 17 24 25 29:33 38:41 47 48 53 54:58]
    y=x-bz;
    Tr(:,y)=[];
    Tr(y,:)=[];
    bz=bz+1;
end

% ***** Resení pomocí explicitního algoritmu (2D)*****
pol=16;              % poloha buzení
cdt = 0.5*min([dx dy])/(sqrt(2)); % součin c*dt - poloviční s ohledem na stabilitu metody
dt = cdt/c;         % časový krok

I = diag(ones(1,28),0); % diagonální matice I
Y = 2*I - (cdt^2)*(inv(Tr))*Sr; % výpočet matice Y

H = zeros( length(Y), 3);
g = zeros( length(Y), 1);
B = zeros( Ny+1, Nx+1); % inicializace matice B

for t=0:500

    g(pol)=cos(2*pi*fb*dt*t); % nastavení buzení do předem určeného místa (tvorba budoucího
    signalu)
```



```

H(:,3) = Y*H(:,2) - H(:,1) - g; % reseni metody
H(:,1)=H(:,2); H(:,2)=H(:,3);

%prerovnani do matice
A=H(:,3); % tvorba vystupni matice
B(1,:) = [0 A(1:6)' 0];
B(2,:) = [0 A(7:12)' 0];
B(3,:) = [0 A(13:15)' 0 0 0 0];
B(4,:) = [0 A(16:19)' 0 0 0 0];
B(5,:) = [0 0 A(20:24)' 0];
B(6,:) = [0 0 0 A(25:28)' 0];

colormap('autumn'); % vykresleni
surf(B);
axis([0 Nx+1 0 Ny+1 -20 20]);
pause(0.02);
end

```

Výsledky:

- hodnoty z Matlabu (frekvence vidů v Hz):

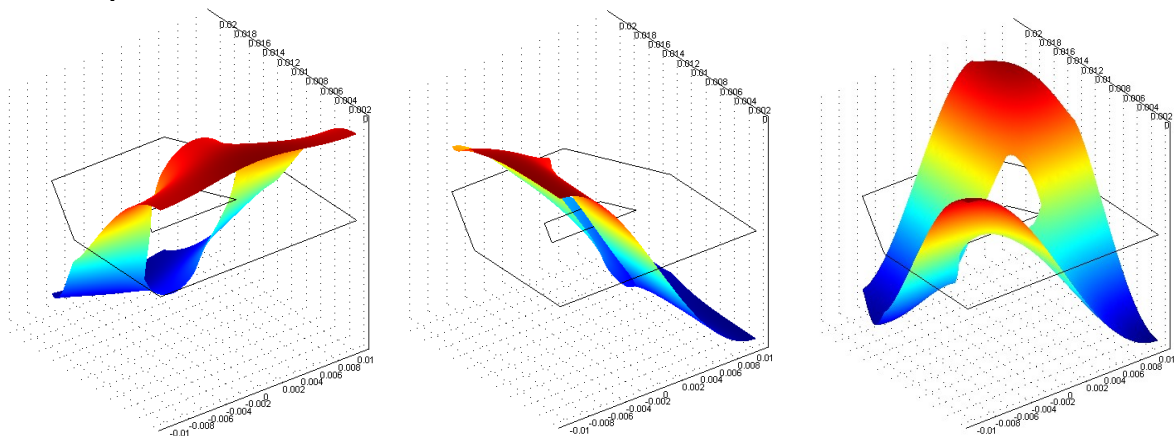
TE sudé:	TE liché:	TM sudé:	TM liché:
0.5885e10	0.8322e10	4.8774e10	4.8167e10
0.8386e10	1.1814e10	5.8354e10	5.4624e10
1.4671e10	1.6804e10	7.1446e10	6.4323e10
1.7670e10	2.1911e10	8.0813e10	6.8940e10

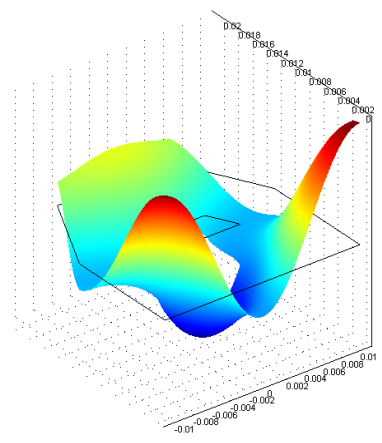
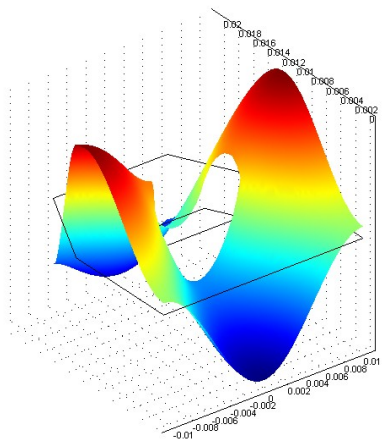
- hodnoty z Femlabu (frekvence vidů v Hz):

TE:	TM:
6.292486e9	1.858333e10
7.273672e9	2.051109e10
1.150438e10	2.310761e10
1.367593e10	2.472053e10
1.524018e10	2.7663e10

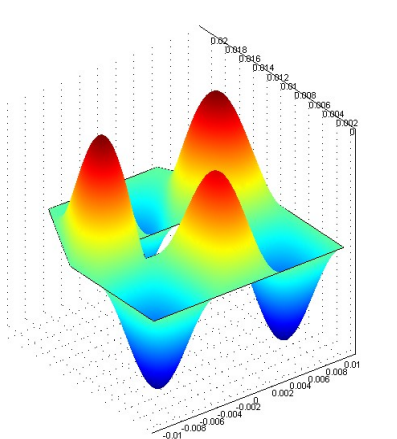
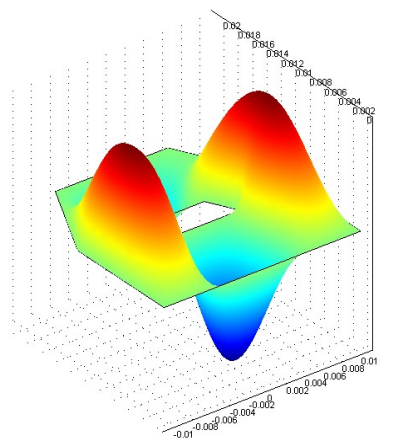
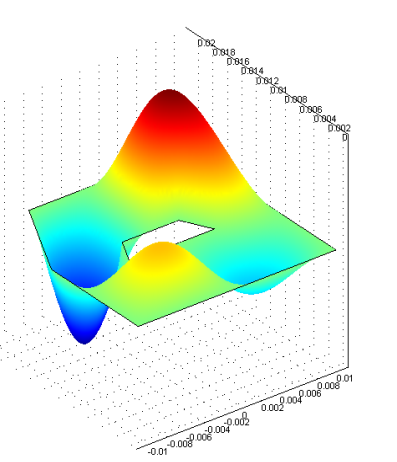
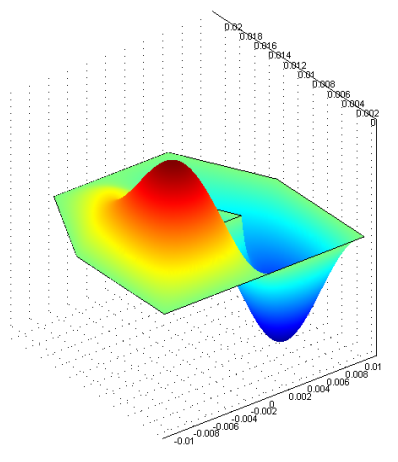
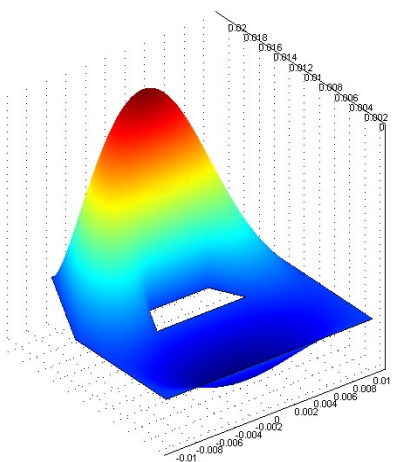
Obrázky:

- TE vlny:



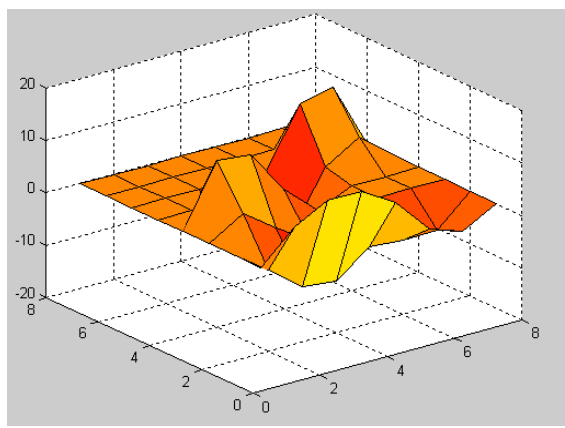
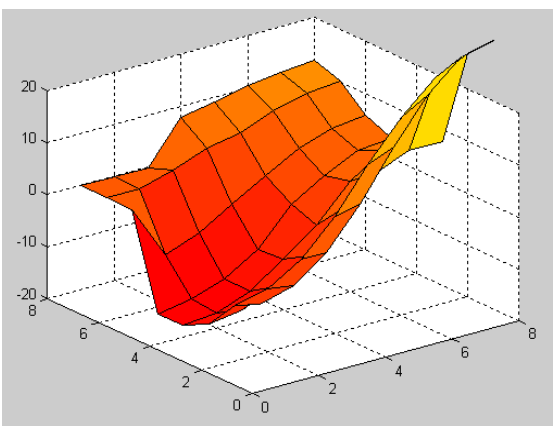


- TM vlny:



z matlabu pro TE:

z matlabu pro TM:



Závěr:

V tomto projektu byly za pomoci metody konečných prvků skriptem v Matlabu vypočítány první 4 TM a TE vidy, tyto pak byly následně ověřeny ve Femlabu. Pro vidy TE tyto hodnoty vcelku odpovídaly, nicméně pro vidy TE jsou ve Femlabu nasimulovány značně odlišné hodnoty. Zvláštní na tom je, že při první simulaci tyto hodnoty také relativně odpovídaly hodnotám z Matlabu, ovšem při další simulaci se to jaksi zvirtlo a od té doby jsou hodnoty takto odlišné. Po několika dalších pokusech jsem to kvůli ochraně zdraví vlastních nervů vzdal a zapsal hodnoty takové, jaké jsou. Dále se v Matlabu řešila časová analýza odezvy na impuls (pro TE a TM vlny), výše jsou z ní uvedeny dva obrázky, jinak je funkce vidět z příložených skriptů.