



## Návod na laboratorní úlohu

### Hypertermie v onkologii, fokusované pole anténních elementů pro ohřev hůře dostupných nádorů

**Název studijního předmětu:** Terapeutické metody využívající EM polí

**Vedoucí cvičení/experimentu:** Doc. Ing. David Vrba, Ph.D.

**Připravil:** Doc. Ing. David Vrba, Ph.D.

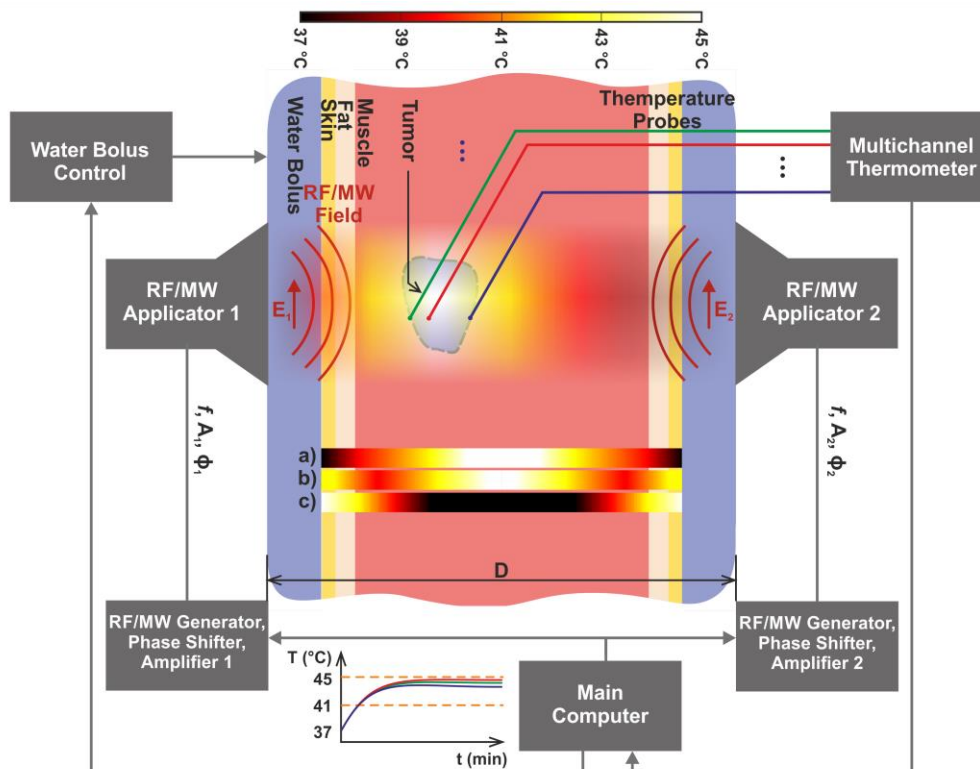
#### 1. Anotace cvičení/experimentu:

Hypertermie hlouběji uložených nádorů v oblasti pánve nebo břicha využívá zvýšené teploty v léčené oblasti o 4 – 8 °C po dobu 45 – 60 min a velmi výrazným způsobem zvyšuje účinnost radio- a chemoterapie. Účinnost hypertermie závisí na schopnosti hypertermického systému zaručit požadované teplotní pole.

Proto je v průběhu hypertermické léčby indukovaná teplota neustále monitorována a naměřená teplota je využita k řízení mikrovlnných generátorů. Teplotní sondy pro monitorování teploty jsou umístěny jak vně, tak i uvnitř léčené oblasti. Pro tyto účely bývají použity metalické termočlánky. Tyto senzory však vykazují nízkou imunitu vůči elektromagnetickému záření. Prováděná měření teploty tak mohou být značně nepřesná. Zároveň mohou metalická teplotní čidla způsobovat v léčené oblasti i nežádoucí lokální přehřátí. V sofistikovanějších systémech jsou proto termočlánky nahrazovány jinými teplotními čidly např. na bázi optických vláken.

Ohřev probíhá pomocí cílené konstruktivní superpozice (fokusace) elektromagnetických vln vcházejících do léčené oblasti z aplikátorů umístěných okolo pacienta. Pro úspěšné provedení fokusace EM vln v nádoru je nezbytné technické zařízení umožňující generování mikrovlnných signálů pro jednotlivé aplikátory o nastavitelných výkonech a vzájemných fázových posunech. Výkony a fázové posuny signálů jsou pak určeny na základě plánování léčby, které je potřeba provést individuálně pro každého pacienta.





Obr.1.1 Schéma regionální hypertermické léčby

## 2. Cíle cvičení/experimentu:

Poznat principy a zařízení využívané v regionální hypertermii. Experimentálně provést cílený fokusovaný ohřev ve fantomu léčené oblasti. Experiment bude využívat generátory EM pole o frekvenci 60-120 MHz a výkonu až 500 W/kanál, které jak frekvencí, tak i výkonem odpovídají parametrů komerčních hypertermických systémů. Vzhledem k možnosti nastavit na každém aplikátoru individuálně amplitudu a fázi mikrovlnného signálu, studenti budou nejprve určovat hodnoty amplitud a fází pomocí plánování léčby za využití numerických simulací. Dosažené teplotní pole bude měřeno pomocí optických senzorů.

## 3. Popis použitých přístrojů a jejich technické vlastnosti:

### 3.1 Výkonový generátor pro hypertermii pracující na frekvenci 60 - 120 MHz

4 výkonové zesilovače obr. 3.1 o přeladitelné pracovní frekvenci od 60 do 120 MHz, výstupní VF výkon 500 W/zesilovač. Zesilovače jsou napájeny čtyřkanalovým generátorem s nastavitelným výkonem a fází jednotlivých kanálů. Výstupní výkony a vzájemné fázové posuny signálů jednotlivých zesilovačů jsou stále proměřovány 4 kanálovým vektorovým voltmetrem a nastaveny na požadované hodnoty.

#### a) Technické vlastnosti čtyřkanalového generátoru:

Pracovní frekvence: 70-80-90-100-110 MHz.

Frekvenční stabilita: 0,01ppm

Fázová stabilita:  $\pm 0.5$ ppm

Stabilita výstupního výkonu 0,1dB

Výstupní impedance 50 ohm

Ovládání generátoru přes RS232/RS422

**b) Technické vlastnosti vektor voltmetru:**

Frekvence měření vzorků 5kHz  
Přesnost měření amplitudy:  $\pm 0,1\text{dB}$   
Rozsah měření fáze:  $\pm 180^\circ$   
Ovládání vektor voltmetru přes RS232/RS422

**c) Technické vlastnosti zesilovačů:**

Polovodičová technologie  
Pracovní frekvence: 70-80-90-100-110 MHz.  
Účinnost 70% na požadovaném výkonu.  
Výstupní impedance 50 Ohm,  
výstupní konektor typu N-female,  
maximální výstupní výkon 500W  
Laditelný výstupní výkon v rozmezí 37-57dBm.  
Podmínky pro provoz 10-50 °C,  
Teplotní stabilita  $\pm 0,1\text{W} / ^\circ\text{C}$ .

Automatická ochrana proti odraženému výkonu o maximální hodnotě 10% z maximálního výkonu,  
vypnutí při přehřátí nad 75°C.



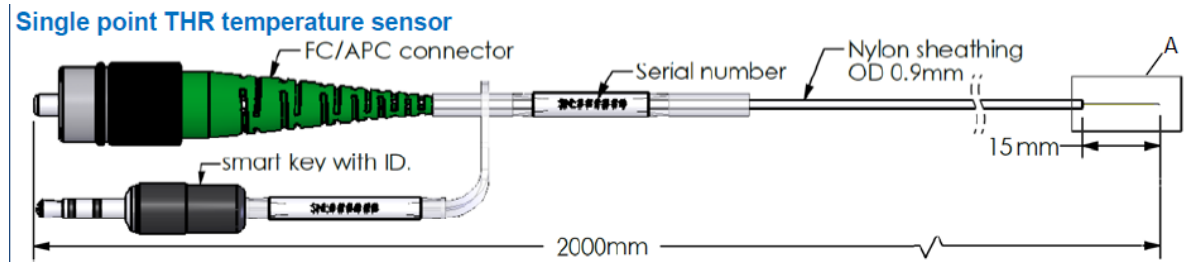
Obr. 3.1. Přední a zadní strana systému zkládající ho se ze čtyřkanalového generátoru (DDS) a vektor voltmetru, který napájí čtyři zesilovače.

### 3.2 Optické senzory:

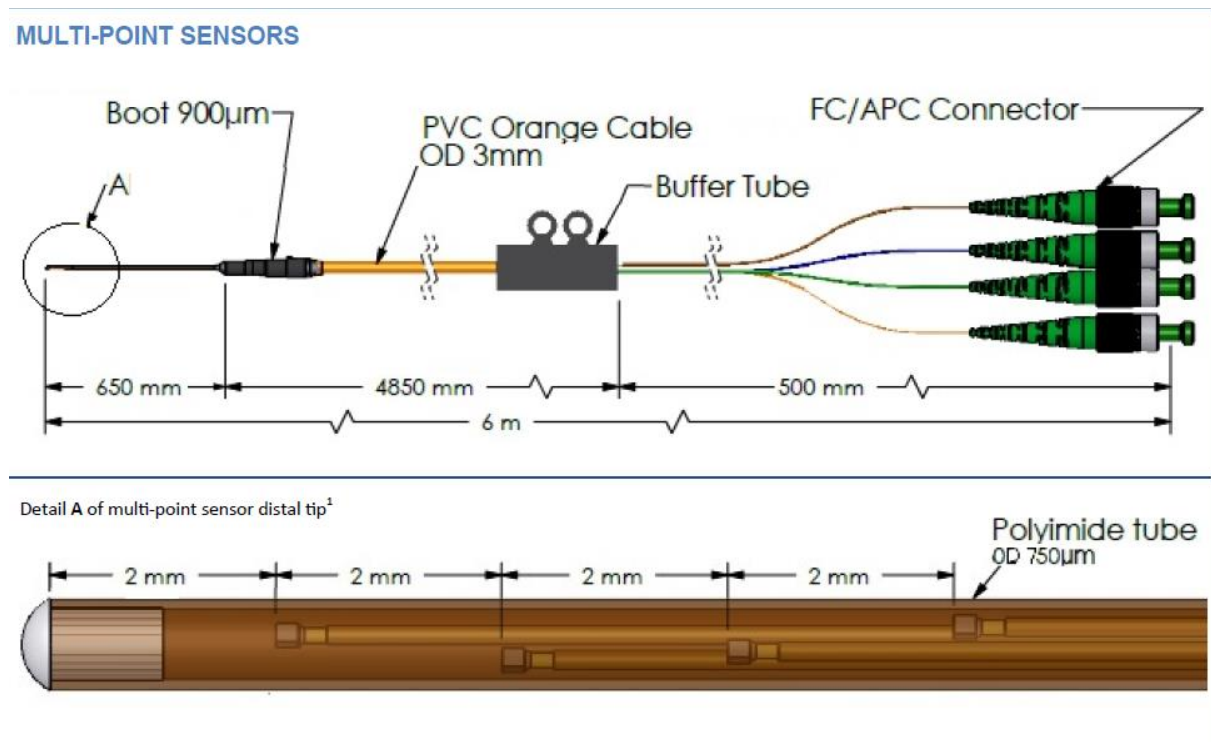
Lze využít optické kabely se 4 senzory obr. 3.3 sloučenými do jediné polyamidové špičky o vnějším průměru katetru cca 750  $\mu\text{m}$ ; vzdálenost senzorů 20 mm; délka vlákna 6 m: Kalibrace rozmezí od 20  $^{\circ}\text{C}$  do 50  $^{\circ}\text{C}$ .

Případně 4x optický kabel obr. 3.2 s 1 senzorem o délce 2 m a vnějším průměru katetru maximálně 310  $\mu\text{m}$ .

Dvě dvoukanálové vyhodnocovací jednotky obr.3.4 jsou sloučené v reku se vzorkovací frekvencí 125 Hz. Rozlišení 0.1  $^{\circ}\text{C}$ , přesnost 0.5  $^{\circ}\text{C}$ . Komunikace s PC přes USB



Obr. 3.2. Optické vlákno s jedním senzorem (FISO Technologies Inc. Datasheet Temperature Sensor Medical — MC-00234)



Obr. 3.3 Optické vlákno se čtyřmi senzory (FISO Technologies Inc. Datasheet Temperature Sensor Medical — MC-00234).

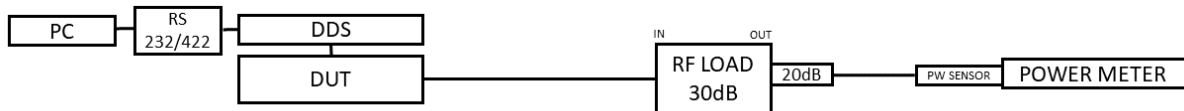


Obr. 3.4. Vyhodnocovací jednotka umožňující připojit buď čtyři optické vlákna s jedním senzorem anebo jedno optické vlákno se čtyřmi senzory (FISO Technologies Inc. Datasheet Temperature Sensor Medical — MC-00234).

## 4. Popis experimentu

### 4.1 Nastavení výkonů a ověření výstupního výkonu zesilovačů

Před začátkem experimentu proved'te měření výstupního výkonu jednoho kanálu. Obdobné měření se provádí v rámci PBTk hypertermických systémů. Měřicí trasu realizujte dle schéma na obr. 4.1.



**DUT** : HPA1-HPA2-HPA3-HPA4

Obr. 4.1 Měřicí schéma pro ověření výstupního výkonu jednoho mikrovlnného kanálu

#### Parametry atenuátorů

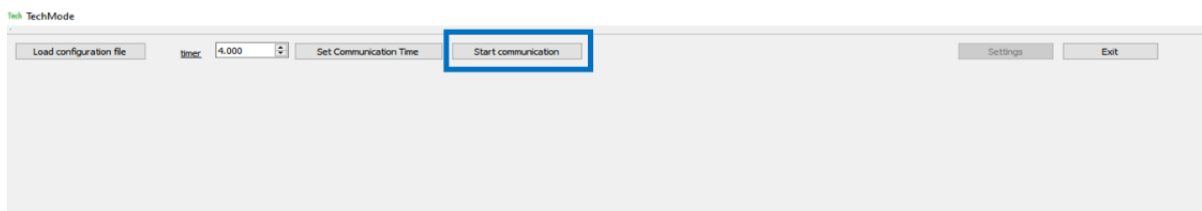
Pro měření výkonů o velikosti 500 W (57 dBm) je zapotřebí použít dvou atenuátorů, které jsou zobrazeny na obr. 4.2. Z důvodu, že měřiče výkonu dokáží měřit pouze výkon v určitém rozsahu hodnot a typicky max. 20 mW, je zapotřebí pomocí atenuátorů snížit úroveň generovaných výkonů o 50 dB. Proto je zapotřebí k atenuátoru s útlumem 30 dB (obr. 4.2a) připojit ještě atenuátor s útlumem 20 dB (obr. 4.2b).



Obr. 4.2 a) DRY COOLING ATTENUATOR DLA-1000W umožňující maximální vstupní výkon 1000W a v rozsahu 0-1 GHz. b) N COAXIAL ATTENUATOR RFCA-30W-N-20dB umožňující maximální vstupní výkon 30W a v rozsahu 0-4 GHz.

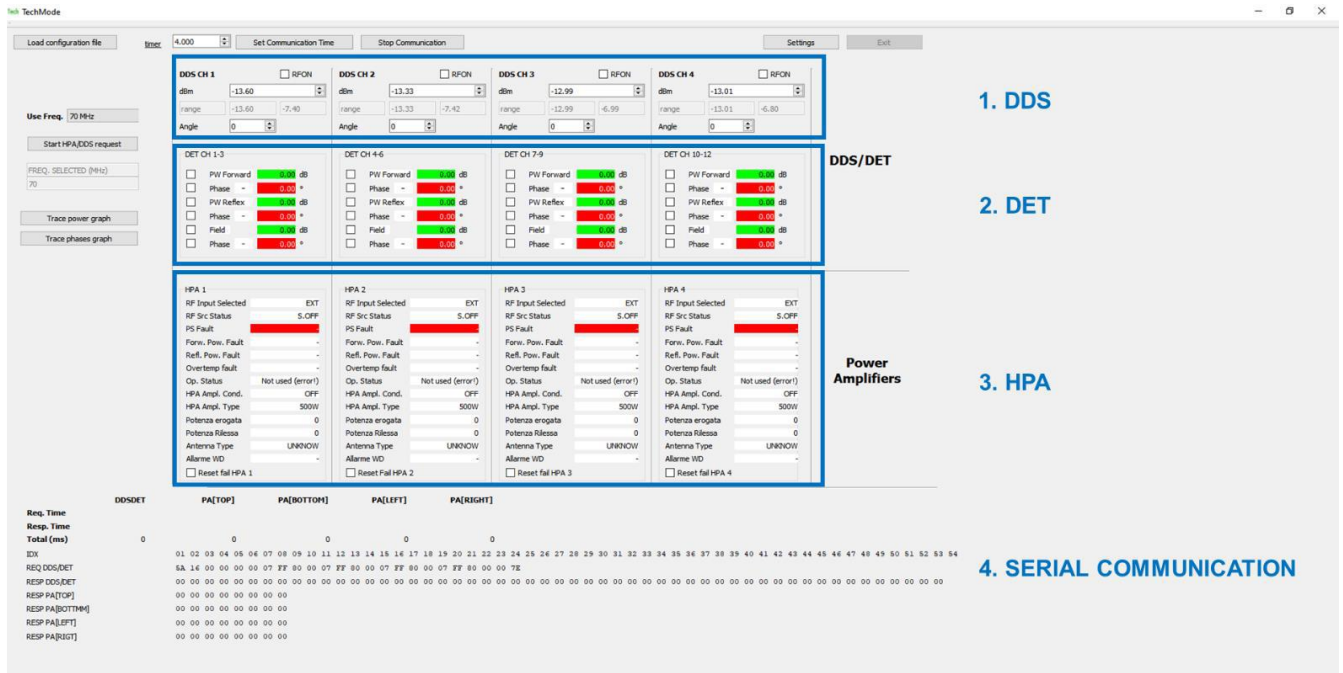
#### Popis softwaru pro ovládání zesilovače

Po spuštění ovládacího softwaru se objeví následující okno



Obr. 4.3 Úvodní okno programu

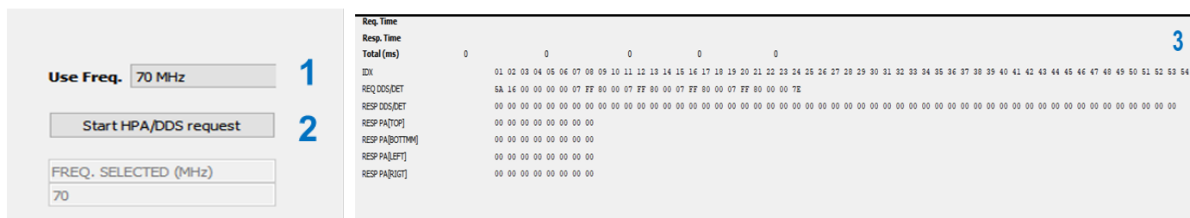
Po spuštění SW zmáčkněte tlačítko "start communication". Provede se připojení k přístroji a otevře se hlavní ovládací panel.



Obr. 4.4 Hlavní ovladačí panel

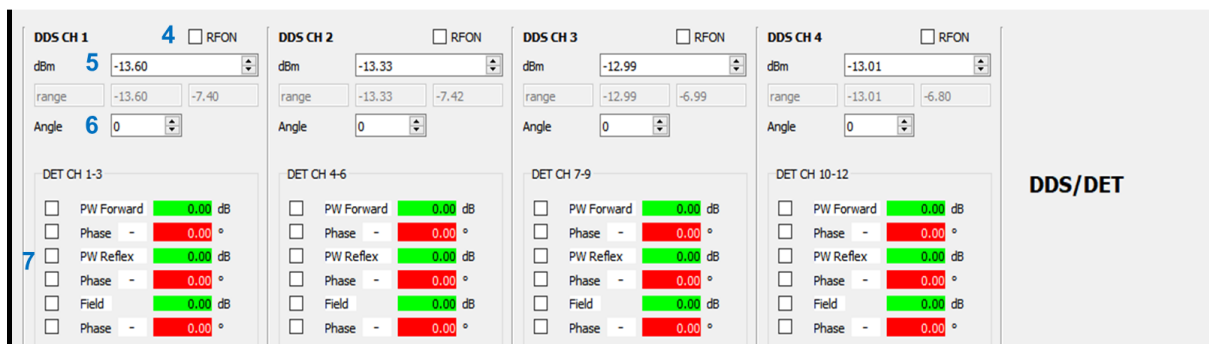
Následně proveďte:

1. Výběr pracovní frekvence (na levé straně obrazovky)
2. Zmáčkněte “Start HPA/DDS request“ pro aktivování komunikace přes seriový port.
3. Komunikaci mezi PC a systémem můžete ověřit v dolní části obrazovky, jak je znázorněno na obr. 3.5



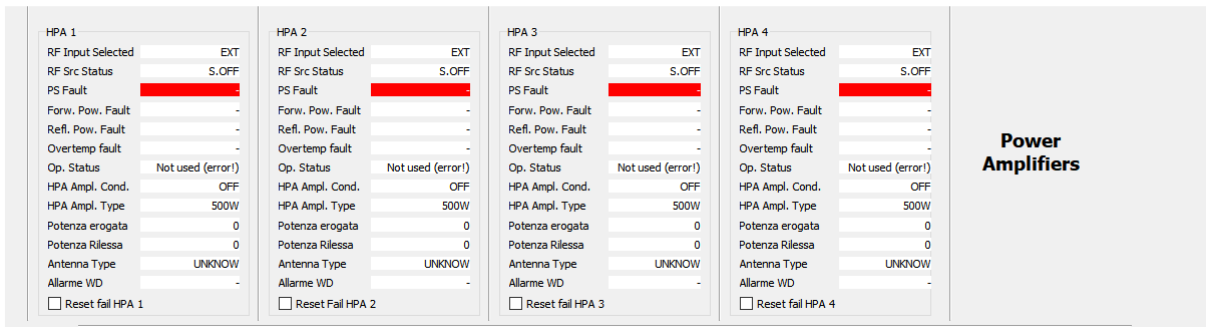
Obr. 4.5. Dolní část obrazovky

4. Povolte vyzařování RF zaškrtnutím políčka RF ON poblíž požadovaného kanálu DDS.
5. Nastavte hodnotu dBm, která má být dodána. Referenční hodnoty pro každý jednotlivý zesilovač naleznete v tabulkách v této příručce.
6. Nastavte hodnotu fáze.
7. Aktivujte MĚŘENÍ VÝKONU na požadovaných kanálech DET.



Obr. 4.6 Horní část ovládacího softwaru

8. Ve třetím poli jsou uvedeny parametry týkající se jednotlivých zesilovačů.



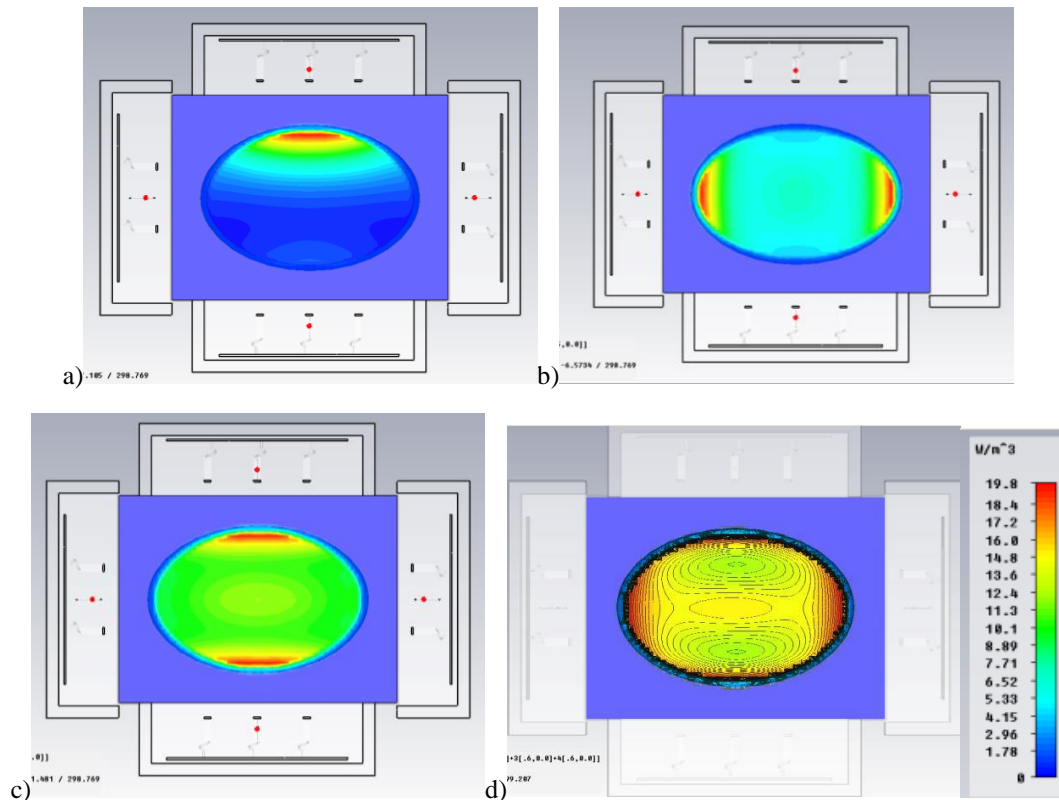
Obr. 4.7 Prostřední část ovládacího softwaru

## 4.2 Nastavení amplitud a fází pro experimentální ověření hypertermického systému

Pomocí výpočtů pod vedením cvičícího zjistíte správné nastavení amplitud a fází signálů pro jednotlivé aplikátory.

Pro výpočet rozložení EM pole uvažujte parametry regionálního systému a fantomu níže.

- pole 4 vlnodůů:
  - velikost apertury 20,2 x 34,3
  - hloubka 12 cm
- eliptický fantom reprezentující svalovou tkáň obklopený 1 cm vrstvou tuku:
  - Parametry svalové tkáně:  $\sigma = 0,55 \text{ S.m}^{-1}$   $\epsilon_r = 75 @ 70 \text{ MHz}$   $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$
  - tuková vrstva:  $\sigma = 0,06 \text{ S.m}^{-1}$   $\epsilon_r = 10 @ 70 \text{ MHz}$   $\rho = 888 \text{ kg / m}^3$
  - velikost 36 x 24 x 100 cm, tloušťka bolusu vody 5 cm

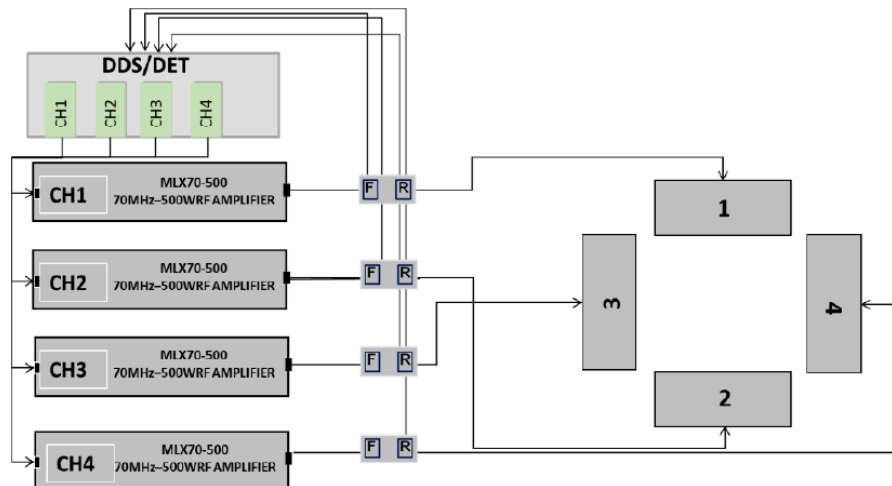


Obr. 4.8. Regionální systém se zapnutou a) jednou anténou b) dvěma bočními anténami c) horní a spodní anténou d) a všemi anténami



### 4.3 Propojení aplikátorů s výkonovými generátory

K experimentu budou využívány výkonové generátory pracující na frekvenci 60 - 120 MHz, disponující 4mi kanály a 500 W/kanál s možností ovládání výkonů a fází jednotlivých kanálů pomocí PC. Výstupy zesilovačů připojte k regionálnímu systému vytvořeného na FBMI dle schématu na obr. 4.9. Aplikátory jsou zde znázorněny číslicemi 1 až 4.



Obr. 4.9 Schéma propojení zesilovačů s aplikátory

### 4.4 Testování fázových polí fokusovaného pole

Pro ověření nastavení fází a amplitud lze systém otestovat maticí LED, kterou je možné vložit do fantomu pánevní oblasti na různé pozice. LED svítí intenzitou odpovídající amplitudě elektrického pole v místě diody. Na základě provedených výpočtů, nastavte čtyři různé expozice (kombinace amplitud a fází) a pomocí fotoaparátu zaznamenejte rozložení elektromagnetického pole ve fantomu pánevní oblasti s vloženou maticí LED.

V celém dokumentu platí, že pokud není uvedena u obrázku reference, jedná se o autorské dílo.