TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Elektromobilita a kardiostimulátory
Je třeba se bát?

Electromobility and pacemakers
Need to be afraid?

Aleš Richter[1]

Jan Morava[1,2]

[1]*Ústav mechatroniky a technické informatiky, Technická univerzita v Liberci,*

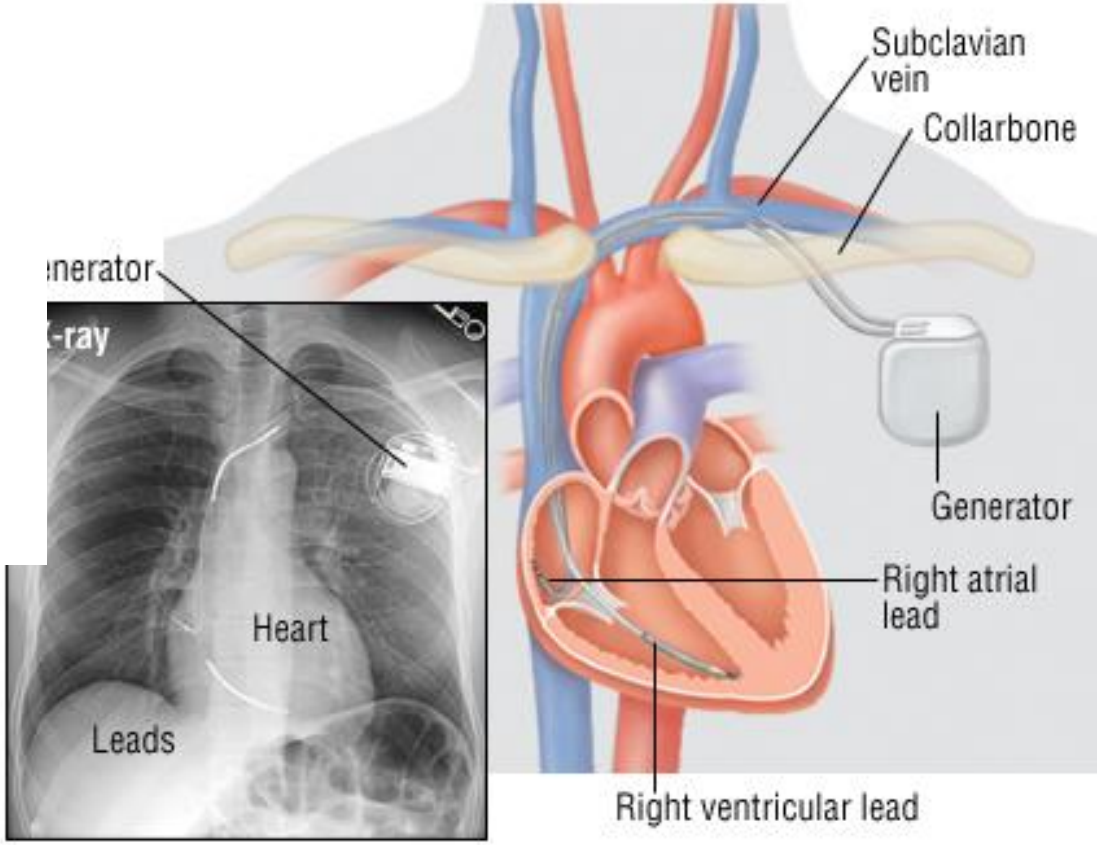
[2]*Kardiovaskulární centrum, Krajská nemocnice Liberec, a.s.,*

Velké energie pulsního elmag pole kolem nás!

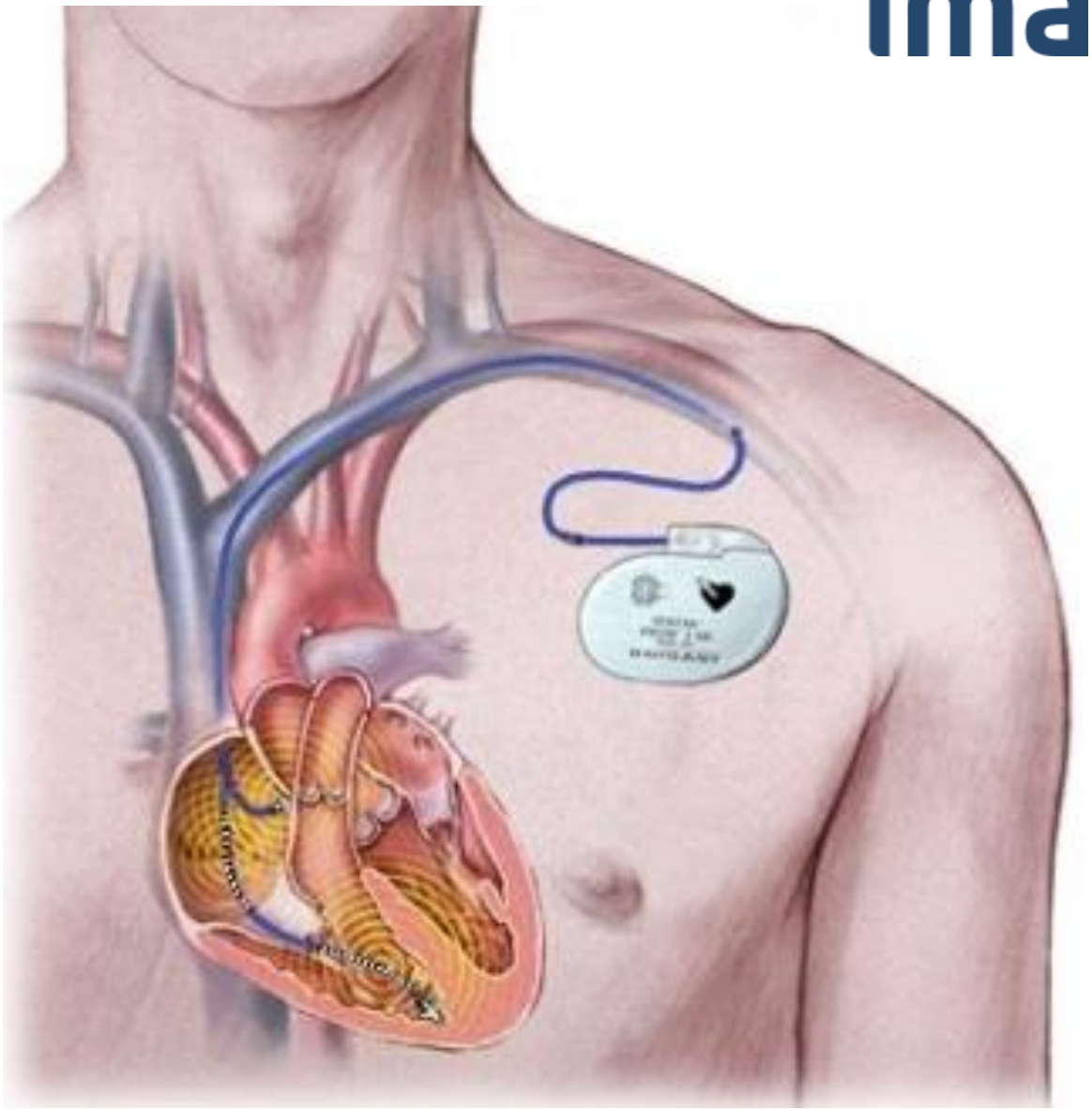
- Vliv na člověka a další živé organismy se řeší až následně!
- **EŠUS TUL,** experimentální elektromobil, otevřený systém

Cardiac Implantable Electronic Devices (CIED)

- Přístroj pro léčbu bradyarytmie – kardiostimulátor (PCM)
- Přístroj pro léčbu tachyarytmie – kardioverter-defibrilátor (ICD)



Fyziologická činnost srdce s implantovaným kardiostimulačním systémem se stává výrazně zranitelnější vlivem vnějších fyzikálních polí, než samotného srdečního systému.



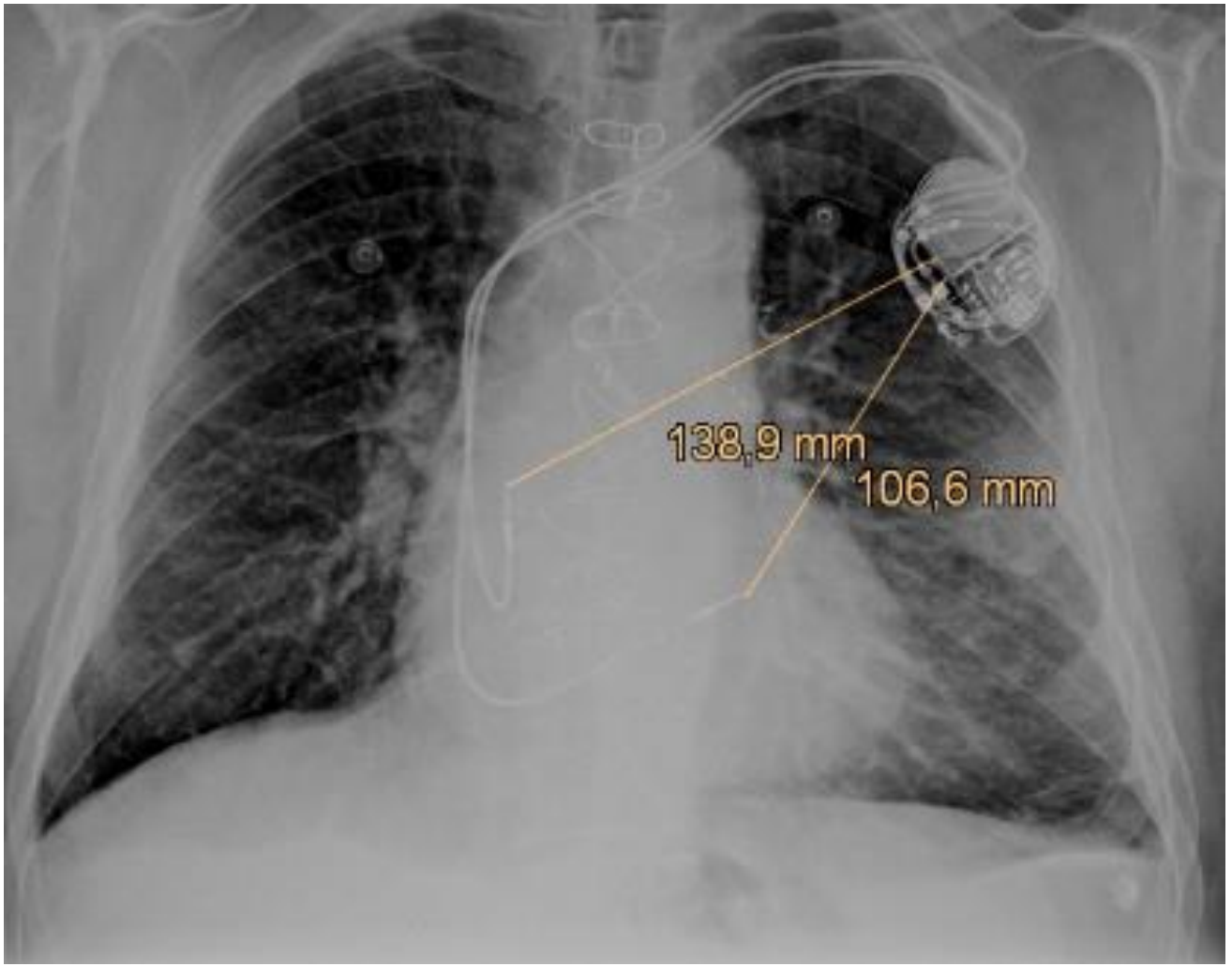
- **Vlivem vnějšího elektromagnetického pole se všechny aktivní i pasivní kovové součásti implantované do těla**
  (elektrody a jejich stínění, samotná schránka s elektronikou i další kovové např. cevní a kostní náhrady)
  stávají elektricky aktivními prvky obvodu.

Zpracování (intrakardiálního) elektrického signálu

- **S jakými úrovni signálu pracujeme?**
  - Nastavení hladiny senzitivity na jednotlivých kanálech (A, RV)
  - Úroveň dle amplitudy snímaných signálů
    - Síň – P vlna – 2-6mV
    - Pravá komora – R vlna – 5-20mV
  - Senzitivita na síni > senzitivita na pravokomorovém
  - Nastavují se hodnoty 0,15mV – 2,5mV (standartní default. nastavení A sensitivity 0,3mV, RV sensitivity 0,9-2mV)
  - U běžících arytmií se amplituda signálu může lišit (FiS, VF)
  - Monofázický signál (polarita není pro interpretaci podstatná)

Dvoudutinový kardiostimulátor

- Předozadní skiaskopická projekce CIED implantovaného zleva

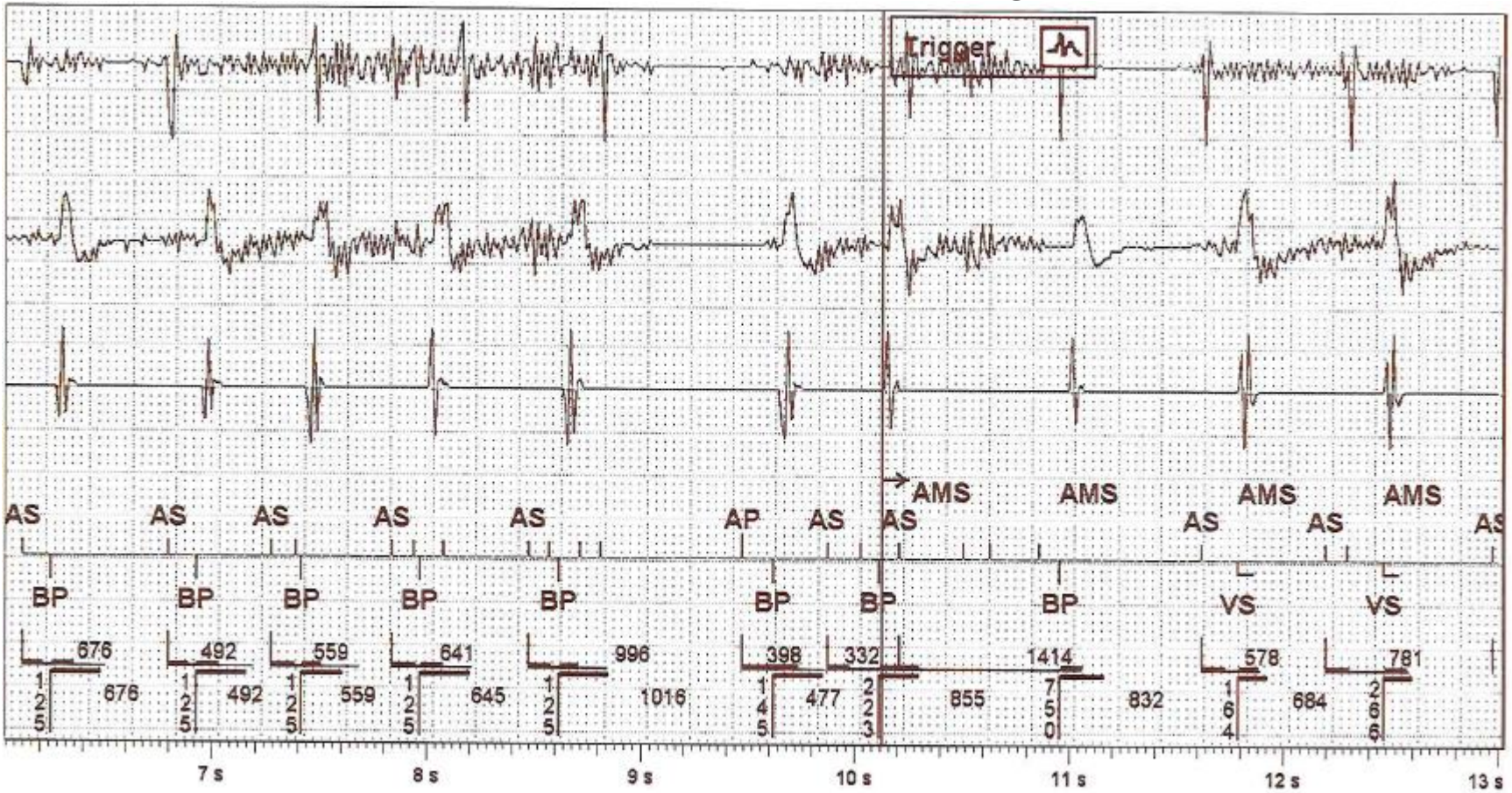


Co předpokládáme, že může nastat vlivem EMI?

- Matoucí pro kardiostimulátor je, že zachycené signály EMI na intrakardiálních elektrodách mají podobnou charakteristiku jako vlastní srdeční akce při běžících arytmiích (fibrilace síní, komor).
- U kardiovertru-defibrilátoru může následovat neadekvátní defibrilační výboj, přístroj signál EMI interpretuje jako maligní komorovou arytmii a snaží se zasáhnout.
- Nejčastějším jevem je záchyt EMI na síňovém kanále, kdy je signál chybně interpretován jako síňová fibrilace.
- V důsledku chybné detekce dochází ke specifické odezvě přístroje a změně programace stimulačního režimu (trigger módu) k zabránění rychlé spouštěné stimulace v komorovém kanále.
- Při působení silného EM pole může v dojít až k resetu přístroje do továrního nastavení (Power-On reset).

Klinická ukázka, susp. EMI viditelné pouze na síňovém kanále, aktivace alg. AMS

- Intrakardiální záznam falešné detekce na near-field kanále (1.řádek síňový, 3. komorový) a far-field RV Coil - Can kanále (2.řádek). N.B.: Marker AS = Atrial Sense, BP = Biventricular Pace, VS = Ventricular Sense, AMS = Automatic Mode Switching.

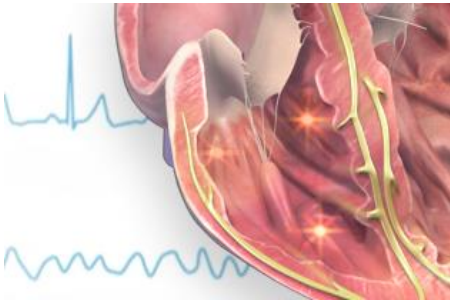


Detekce elektromagnetické interference

- Programace přístroje – **senzitivita**
- Náchylnější síňový kanál
- Signály EMI jsou vždy viditelné na různých snímacích vektorech na rozdíl např. od poruchy elektrody, kdy se artefakty vyskytují jen někde.
- Vlastnosti EMI – **amplituda signálu,** setrvalost, pravidelnost, kolísající amplituda signálu
- Signál musí být indetifikovatelný pro přístroj
- Myopotenciály (pohybové artefakty ostatních svalů) jsou pro přístroj neviditelné
- **Kmitočtové pásmo** nebezpečné, podobá se fyziologii srdce, vyšší než základní stimulační frekvence **(40-80/min, ~ 1Hz)** až po horní hranici detekce fibrilace komor u ICD **(okolo 300/min, 5Hz)**
- **S délkou působení EMI roste i závažnost dopadů na pacienta.**

Dopad působení elektromagnetické interference

- **Neadekvátní terapie**
  - U defibrilátorů riziko neadekvátního defibrilačního výboje v důsledku působení EMI
  - EMI musí trvat déle, jelikož celý proces detekce ICD a nabíjení kondenzátorů k doručení HV therapy trvá 10-15s
  - Při neadekvátním výboji pacient zcela při smyslech, může dojít k úrazu v důsledku pádu
  - Frekvence vyšší než jsou nastaveny detekční zóny pro léčbu komorové tachyarytmie (>180/min, 3Hz)



Velké hustoty energie v malém objemu!

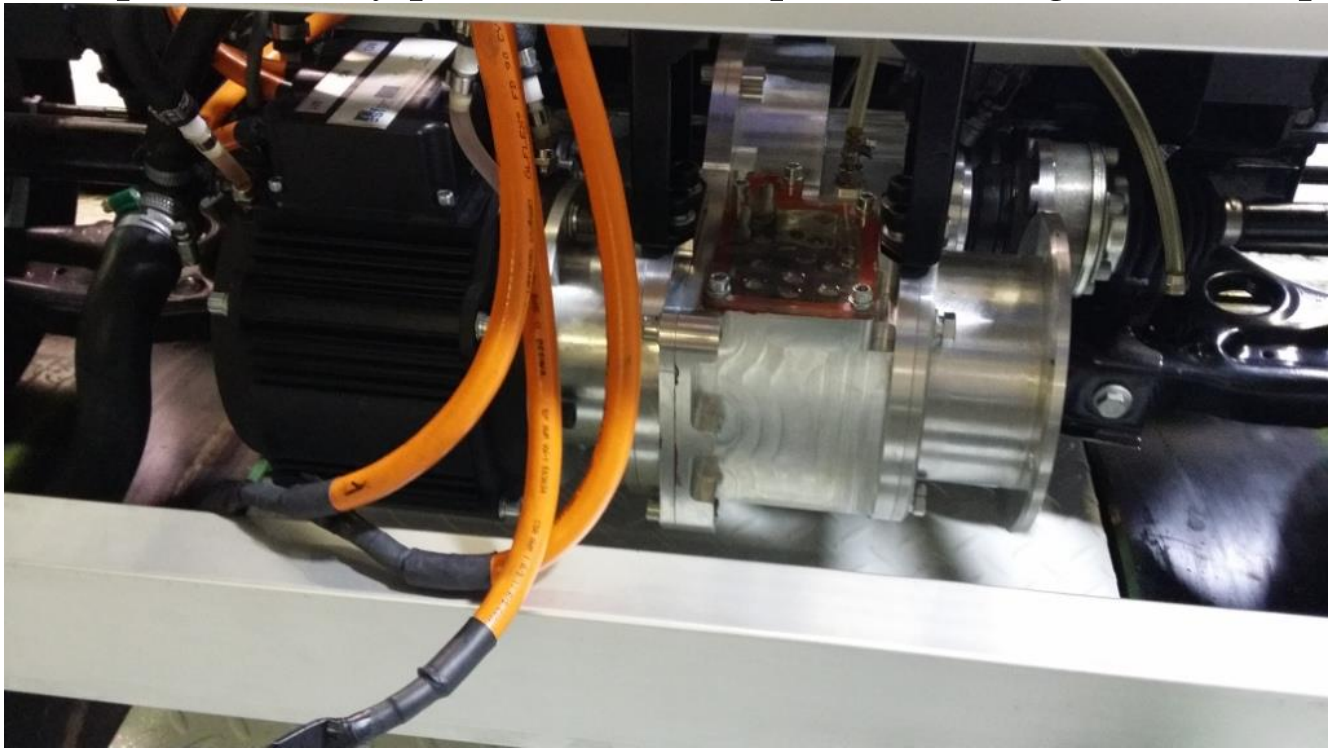
- Velké množství centralizované energie v bateriích, magnetických obvodech transformátorů, ultrakapacitorech
- Velké dynamika spínaných proudů ve výkonové elektronice.
- Týká se všech oborů včetně spotřební elektroniky běžného života

Neustále se zvyšující dynamika výměny energie!

- Legislativa řeší a definuje pouze limity pro energetické účinky vnějšího pole na živé organismy a neřeší vliv na životní funkce člověka (svalové kontrakce, přenos neuro-signálů), který je silně individuální.

Magnetická indukce vlivem spínání velkých proudů!

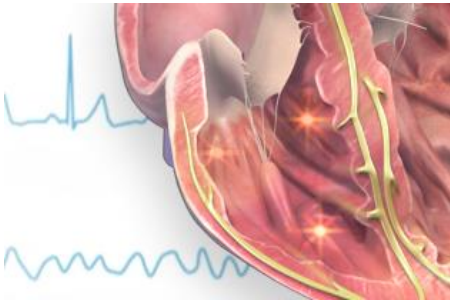
- Otevřené, nechráněné kabelové systémy elektromobilů (100-300App)
- Nevhodná manipulace s kabely rychlonabíječek, servisní činnost
- Nevhodná pozice osoby při bezdrátovém přenosu energie v době spínání



Pořadí podle závažnosti EMI s kardiostimulátory

- **Ruční nářadí, motory s komutátorem bez filtrace!!!**
- **Nehomologované měniče v síti nn (230/400), nabíječky vyšších výkonů (od 50W)**
- **Nevhodná pozice v poli bezdrátového přenosu energie**
- **Blízkost v prostoru nestíněných kabelů nabíjecích stanic**
- **Špatná manipulace s kabely při nabíjení**
- **Riziko EMI v elektromobilech je srovnatelné s trakční dopravou (tram, trolejbus, vlak), nebezpečí je velkém počtu a v neodborné manipulaci bez kontroly**

Kabel, proud 100A, pole 20μT ve vzdálenosti 1m,
2mT ve vzdálenosti 1cm



O srdce jde především!

Děkuji za pozornost.