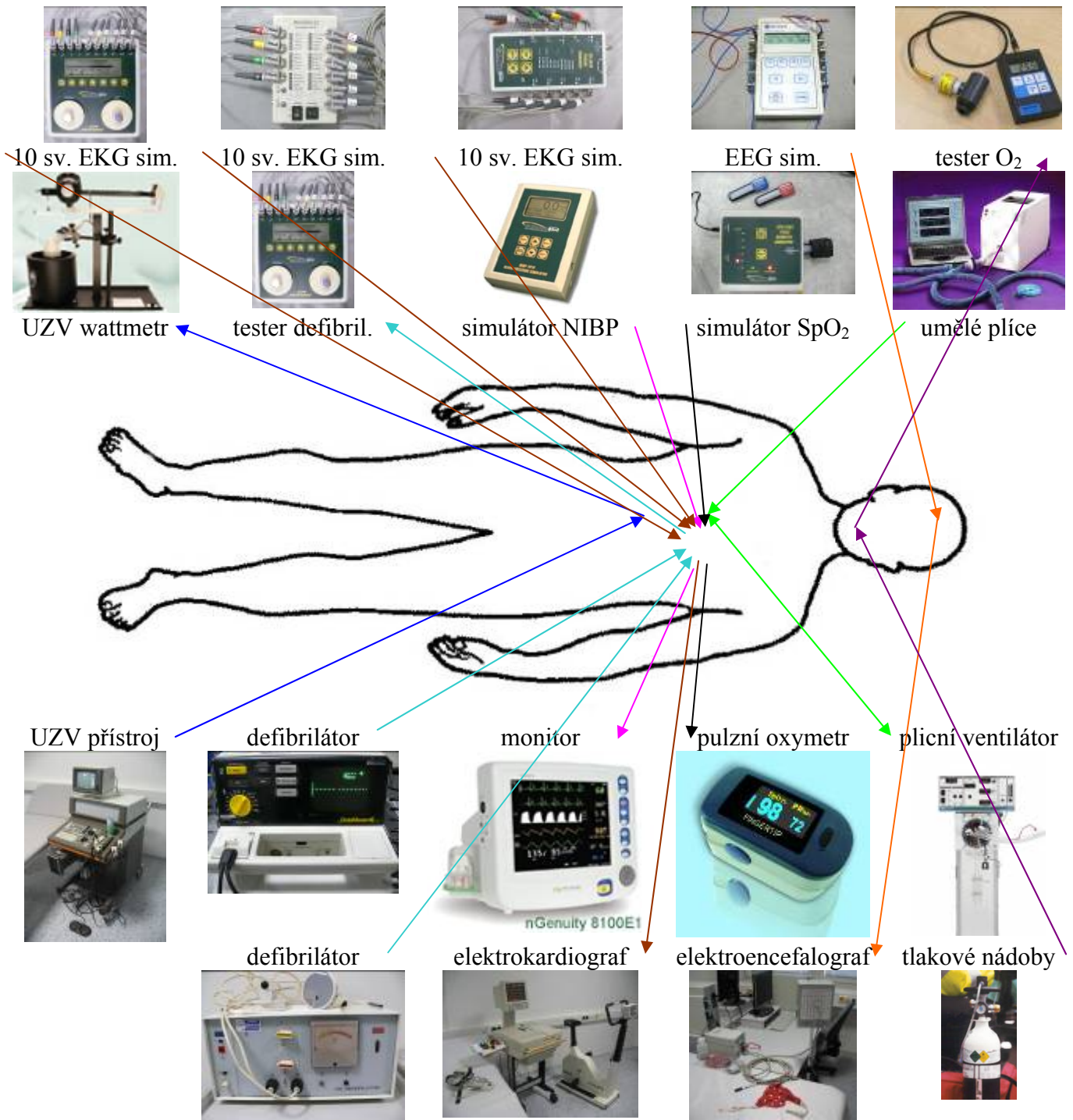


"Simulované lůžko" aneb "umělý pacient" sestavené ze simulátorů jako výuková pomůcka pro biomedicínské techniky



Cíl a obsah měření

Hlavní myšlenkou uvedené komplexní úlohy je sestavení důležitých životních funkcí a fyziologických parametrů pacienta pomocí simulátorů a sledování těchto funkcí a parametrů reálnými zdravotnickými elektrickými přístroji. Tento postup má dva hlavní důvody. Jedním je náhrada skutečného pacienta umělým, tzv. "simulovaným lůžkem", což umožní bezpečný trénink. Druhým důvodem je pak možnost nastavovat různé nečekané režimy na připojených reálných přístrojích a to zejména z hlediska technického principu činnosti přístroje.

Úkoly měření

1. Seznamte se podrobně se všemi dostupnými simulátory a sestavte z nich umělého pacienta.
2. Ověřte funkci simulátorů reálnými přístroji, testery a analyzátory.
3. Reagujte na nenadálé situace selhání životní funkce, nebo poruchy přístrojů

Postup měření

Veškeré postupy měření jsou uvedeny ve skriptu [Praktika 3] na str. 7-25 a v doporučené literatuře, tj. zejména v návodech od výrobce.

Použité přístroje a pomůcky

Hlavními součástmi jsou následující simulátory a testery:

- simulátory EKG,
- simulátor EEG,
- simulátor pro ověřování funkce měřičů neinvazivního krevního tlaku,
- simulátor pro ověřování funkce pulzních oximetrů,
- tester defibrilátorů,
- digitální analyzátor obsahu kyslíku v plynech,
- ultrazvukový wattmetr,
- umělé plíce.

Dále jsou potřebné následující reálné přístroje:

- elektrokardiograf,
- elektroencefalograf,
- monitor životních funkcí,
- pulzní oxymetry,
- defibrilátory,
- tlakové nádoby s ředěným plynem,

- ultrazvukový diagnostický přístroj,
- plicní ventilátor.

Další informace k úloze

Veškeré podrobnosti jsou uvedeny ve skriptu [Praktika 3] na str. 7-25. Navíc v dalším textu následují postupy pro použití jednotlivých simulátorů.

Vybrané otázky k dané problematice

1. Popište principy funkce jednotlivých simulátorů.
2. Uveďte artefakty, které mohou být považovány za chybně interpretovanou poruchu přístroje.
3. Uveďte přístroje a parametry jednotlivých přístrojů, které lze v této úloze testovat..

Literatura

[Praktika] Hozman, J. a kol.: [Praktika z biomedicínské a klinické techniky](#) . Fakulta biomedicínského inženýrství, 1. vydání. únor 2008

[Praktika 3] Hozman, J., Chaloupka, J., Maršálek, P.: [Praktika z biomedicínské a klinické techniky 3. Simulátory fyziologických funkcí a bezpečnost pacienta](#) . Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT, 1. vydání. únor 2008

1. Simulátory fyziologických funkcí a parametrů, testery

Tato kapitola se zabývá popisem a návody pro měření se simulátory fyziologických funkcí a parametrů a též testery. Jsou zahrnuty EKG simulátory, EEG simulátor, simulátor pro ověřování funkce měřičů neinvazivního krevního tlaku, simulátor pro ověřování funkce pulzních oximetrů, tester defibrilátorů, digitální analyzátor obsahu kyslíku v plynech a též ultrazvukový wattmetr. Jedná se o specializovaná zařízení, která umožňují provádět různě stupně kontroly funkce vybraných typů lékařských přístrojů, ale také umožňují efektivní trénink pro budoucí praxi. Vzhledem k tomu, že není pro měření používán pacient, nehrozí žádné nebezpečí. To však neznamená, že nejsou dodržována základní pravidla.

1.1 EKG simulátory



Ilustrativní foto použitých EKG simulátorů

1.1.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi simulátorů a s jejich konkrétním použitím v klinické praxi. Obsahem bude také ověření vybraných parametrů elektrokardiografů. V rámci měření bude využito již získaných poznatků z měření na elektrokardiografu.

1.1.2 Úkoly měření

- a) Seznamte se podrobně s jednotlivými typy EKG simulátorů (simulátor Medisim, ČR, simulátor BC Biomedical PS-2010, USA, simulátor 10-ti svodového EKG jako součást defibrilátoru DA-2006) prostřednictvím přiložených návodů k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a možností poskytovaných průběhů EKG signálu.
- b) Pomocí digitálního osciloskopu ověřte, že uvedené simulátory poskytují specifikované průběhy EKG signálu dle dokumentace. Zvláštní pozornost věnujte ověření, zdali se jedná o uváděnou srdeční frekvenci a uváděnou frekvenci síťového rušení.
- c) Pomocí elektrokardiografu ověřte, že uvedené simulátory poskytují specifikované průběhy EKG signálu dle dokumentace. Viz též [1.1], [1.2] a [1.3]. Zvláštní pozornost věnujte testování elektrokardiografu pomocí jednotlivých průběhů a to s různými srdečními frekvencemi, různými arytmiemi a též EKG signálem zarušeným napětím z rozvodné sítě 230V/50 Hz. Vyzkoušejte také, jak se projeví záměna elektrod.
- d) Ověřte, s jakou přesností pracují výše uvedené simulátory z hlediska amplitudy a frekvence, a výsledky porovnejte s údaji uváděnými v návodech k použití.
- e) Zjistěte vliv použitých propojovacích kabelů mezi výstupem simulátoru a osciloskopem na kvalitu zobrazovaného průběhu a diskutujte další možné vlivy včetně nastavení typu vazby na vstupu osciloskopu (viz "coupling").
- f) Změřte odebíraný proud z baterie, nebo prostřednictvím napájecího adaptéru a to pro různé režimy činnosti. Výsledky porovnejte. U baterie uveďte, jak dlouho bude možné baterii používat, aby nedocházelo k selhání simulátoru. Vyzkoušejte, při jakém napájecím napětí již dojde k selhávání jednotlivých funkcí simulátoru.

1.1.3 Postup měření

Viz [1.1] až [1.4].

1.1.4 Použité přístroje a pomůcky

Simulátor Medisim

Simulátor BC Biomedical PS-2010

Simulátor 10-ti svodového EKG jako součást defibrilátoru DA-2006

Digitální osciloskop

Digitální multimetry

Elektrokardiograf

Stabilizovaný regulovaný napájecí zdroj

1.1.5 Další informace k úloze

Z hlediska efektivní realizace laboratorní úlohy je třeba mít zažité umístění jednotlivých elektrod pro jednotlivé svodové systémy a to z toho důvodu, že nepracujeme s pacientem a propojujeme pouze konektory technických prostředků. Viz též [1.1], [1.2] a [1.3].

1.1.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Jakého principu technické realizace využívají používané EKG simulátory?
2. Uveďte, z čeho se skládá průběh EKG simulátoru, který je zarušen napětím z rozvodné sítě 230V/50Hz (nakreslete detail průběhu s uvedením časového a amplitudového měřítka)?
3. Který ze simulovaných průběhů EKG, odpovídá použití kardiostimulátoru, a která část průběhu je z tohoto hlediska podstatná?

1.1.7 Literatura

- [1.1] *MEDISIM 30. EKG Simulátor. Návod k obsluze. Verze 951212_1.* Brno: Meditronik, 1995. 7 s.
- [1.2] *ECG Patient Simulator Ten Lead. PS-2010. User Manual. Rev. 02.* St. Louis: BC Biomedical, 2006. 12 s.
- [1.3] *Defibrillator Analyzers. DA-2006, DA-2006P W/Pacer Analyzer. User Manual. Rev. 04.* St. Louis: BC Biomedical, 2006. 78 s.
- [1.4] Hozman, J. a kol., *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008. 154 s.
- [1.5] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství.* Praha: Academia, 2006. 406 s.
- [1.6] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty.* VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3
- [1.7] *Electrocardiographs - Metrological characteristics - Methods and equipment for verification. International Recommendation. OIML R 90.* Edition 1990 (E). Paris: Bureau International de Métrologie Légale, 1990. 28 s.

1.2 EEG simulátor



Celkový pohled na EEG simulátor MiniSim 330

1.2.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi simulátoru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi. Dále bude také obsahem ověření parametrů elektroencefalografu. V rámci měření bude využito již získaných poznatků z měření na elektroencefalografu.

1.2.2 Úkoly měření

- Seznamte se podrobně s EEG simulátorem prostřednictvím přiloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a možností poskytovaných průběhů.
- Pomocí digitálního osciloskopu ověřte, že uvedený simulátor poskytuje specifikované průběhy signálu dle dokumentace. Průběhy zakreslete a uveďte jednotlivá měřítka. Diskutujte vliv použité sondy (použijte i vhodně zakončený kabel) k osciloskopu a též nastavený typ vazby na vstupu osciloskopu (tzv. "coupling").
- Pomocí simulátoru ověřte správnou funkci elektroencefalografu a to pro všechny vstupy na EEG propojovací hlavici. Průběhy pro jeden zvolený kanál zaznamenejte, uveďte měřítka a porovnejte s průběhy podle bodu b. Případné odlišnosti zdůvodněte.
- Ověřte, s jakou přesností pracuje výše uvedený simulátor z hlediska amplitudy a frekvence, a výsledky porovnejte s údaji uváděnými v návodech k použití.
- Zjistěte vliv použitých propojovacích kabelů mezi výstupem simulátoru a osciloskopem na kvalitu zobrazovaného průběhu a diskutujte další možné vlivy.

f) Změřte odebíraný proud z baterie, nebo prostřednictvím napájecího adaptéru a to pro různé režimy činnosti. Výsledky porovnejte. U baterie uveďte, jak dlouho bude možné baterii používat, aby nedocházelo k selhání simulátoru. Vyzkoušejte, při jakém napájecím napětí již dojde k selhávání jednotlivých funkcí simulátoru.

1.2.3 Postup měření (Viz [1.8] a [1.9]).



Obr. 1.1 EEG simulátor MiniSim 330 a hlavice elektroencefalografu (foto autor)

1.2.4 Použité přístroje a pomůcky

Simulátor MiniSim 330

Digitální osciloskop

Digitální multimetry

Elektroencefalograf

Stabilizovaný regulovaný napájecí zdroj

1.2.5 Další informace k úloze

Viz též [1.8] a [1.9].

1.2.6 Literatura

[1.8] *MiniSim 330. EEG Simulator. Instruction Manual*. Rev. 3.0. Hicksville: Netech, 2003. 8 s.

[1.9] Hozman, J. a kol., *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2007.

[1.10] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. 406 s.

[1.11] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3

[1.12] *Electroencephalographs - Metrological characteristics - Methods and equipment for verification. International Recommendation. OIML R 89. Edition 1990 (E). Paris: Bureau International de Métrologie Légale, 1990. 29 s.*

1.3 Simulátor pro ověřování funkce měřičů neinvazivního krevního tlaku



Celkový pohled na simulátor neinvazivního krevního tlaku (NIBP)

1.3.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi simulátoru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi. Obsahem bude také ověření parametrů vybraného typu monitoru vitálních funkcí. V rámci měření bude využito již získaných poznatků z měření krevního tlaku.

1.3.2 Úkoly měření

- a) Seznamte se podrobně se simulátorem pro ověřování funkce měřičů neinvazivního krevního tlaku prostřednictvím přiloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a možností ověřování parametrů monitorů.
- b) Ověřte parametry vybraného monitoru vitálních funkcí a porovnejte je s těmi, které udává výrobce.
- c) Zjistěte vliv použitých délek propojovacích hadiček a spojovacích elementů na činnost simulátoru.
- d) Změřte odebíraný proud z baterie, nebo prostřednictvím napájecího adaptéru a to pro různé režimy činnosti. Výsledky porovnejte. U baterie uveďte, jak dlouho bude možné baterii

používat, aby nedocházelo k selhání simulátoru. Vyzkoušejte, při jakém napájecím napětí již dojde k selhávání jednotlivých funkcí simulátoru.

1.3.3 Postup měření

Viz [1.13] a [1.14].

1.3.4 Použité přístroje a pomůcky

Simulátor NIBP

Monitor vitálních funkcí přenosný

Digitální osciloskop

Digitální multimetry

Stabilizovaný regulovaný napájecí zdroj

1.3.5 Další informace k úloze

Viz též [1.13] a [1.14].

1.3.6 Literatura

- [1.13] *Non-Invasive Blood Pressure Simulators. NIBP-1010, NIBP-1020. User Manual. Rev. 07.* St. Louis: BC Biomedical, 2007. 23 s.
- [1.14] Hozman, J. a kol., *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2007.
- [1.15] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. 406 s.
- [1.16] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3
- [1.17] *Non-invasive mechanical sphygmomanometers. International Recommendation. OIML R 16-1.* Edition 2002 (E). Paris: Bureau International de Métrologie Légale, 2002. 31 s.
- [1.18] *Non-invasive automated sphygmomanometers. International Recommendation. OIML R 16-2.* Edition 2002 (E). Paris: Bureau International de Métrologie Légale, 2002. 36 s.

1.4 Simulátor pro ověřování funkce pulzních oximetrů



Celkový pohled na sestavu simulátoru SpO₂

1.4.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi simulátoru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi. Dále bude obsahem ověření parametrů uváděných výrobcí pro dostupné typy pulzních oxymetrů. V rámci měření bude také využito již získaných poznatků z měření na přípravku realizujícím analogovou část pulzního oxymetru.

1.4.2 Úkoly měření

- Seznamte se podrobně s uvedeným typem simulátoru prostřednictvím přiloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a možností poskytovaných hodnot nasycení krve kyslíkem a též průběhů pletysmografické křivky závislých na srdeční frekvenci.
- Pomocí dostupných prostředků ověřte, že uvedený simulátor poskytuje specifikované hodnoty a průběhy dle dokumentace. Viz též [1.19].
- Proveďte ověření funkce jednotlivých typů pulzních oxymetrů a dalších přípravků pomocí jednotlivých jednotlivých režimů simulátoru. Zejména porovnejte údaje výrobce se skutečností.

- d) Ověřte, jaký vliv má typ použité sondy na parametry signálu a na funkci přístroje. Nakreslete zapojení sondy a ověřte, že jsou obě sondy zapojeny stejně.
- e) Změřte odebíraný proud z baterie, nebo prostřednictvím napájecího adaptéru a to pro různé režimy činnosti. Výsledky porovnejte. U baterie uveďte, jak dlouho bude možné baterii používat, aby nedocházelo k selhání simulátoru. Vyzkoušejte, při jakém napájecím napětí již dojde k selhávání jednotlivých funkcí simulátoru.

1.4.3 Postup měření



Obr. 1.2 Použití simulátoru pro analogový přípravek a pro komerční pulzní oxymetr (foto autor)

1.4.4 Použité přístroje a pomůcky

Simulátor NIBP

SpO₂ sondy

Přípravek pro ilustraci analogové části pulzního oxymetru

Digitální osciloskop

Digitální multimetry

Stabilizovaný regulovaný napájecí zdroj

1.4.5 Další informace k úloze

Viz též [1.19] až [1.25].

1.4.6 Literatura

[1.19] *Pulse Oximeter Simulator. SPO-2000. User Manual. Rev. 02.* St. Louis: BC Biomedical, 2006. 12 s.

[1.20] Hozman, J. a kol., *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2007.

[1.21] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. 406 s.

- [1.22] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3
- [1.23] HGH - výhradní dovozce zdravotnické techniky Nonin. [online]. [cit. 10-01-2008]. <http://www.nonin.cz>
- [1.24] Nonin. [online]. [cit. 10-01-2008]. <http://www.nonin.com>
- [1.25] EPSIMED výrobce pulsních oxymetrů. [online]. [cit. 10-01-2008]. <http://www.epsimed.cz>

1.5 Tester defibrilátorů

1.5.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi testeru defibrilátoru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi. Obsahem bude také získání potřebných návyků z hlediska bezpečnosti zacházení s defibrilátorem při testování uvedeným testerem. V rámci měření bude využito již získaných poznatků z měření na defibrilátoru.

1.5.2 Úkoly měření

- a) Seznamte se podrobně s testerem defibrilátorů prostřednictvím přiloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a poskytovaných možností.
- b) Seznamte se podrobně s EKG simulátorem, který je součástí uvedeného testeru. Pomocí elektrokardiografu a defibrilátoru v režimu monitorování ověřte, že uvedený simulátor poskytuje specifikované průběhy EKG signálu dle dokumentace.
- c) K uvedenému testeru připojte tiskárnu s paralelním portem a proveďte tisk protokolu.
- d) Osciloskopem ověřte výstupy na konektorech SCOPE OUTPUT a HI LEVEL OUTPUT. Výsledky zaznamenejte a uveďte měřítka na osách. Uveďte krátký popis obou výstupů.
Před vlastním připojením k osciloskopu vyhledejte charakteristiky těchto výstupů a dbejte na to, aby byly v souladu s parametry vstupu osciloskopu!
- e) Změřte odebíraný proud z baterie, nebo prostřednictvím napájecího adaptéru a to pro různé režimy činnosti. Výsledky porovnejte. U baterie uveďte, jak dlouho bude možné baterii používat, aby nedocházelo k selhání simulátoru EKG u testeru defibrilátorů. Vyzkoušejte, při jakém napájecím napětí již dojde k selhávání jednotlivých funkcí uvedeného EKG simulátoru.

1.5.3 Postup měření

Ad 1.5.2 a) Viz [1.26].

Ad 1.5.2 b) Viz [1.27], [1.28], [1.29] a [1.30].

Ad 1.5.2 c) Viz [1.26].

Ad 1.5.2 d) Viz [1.26].

Ad 1.5.2 e)



Obr. 1.3 Analyzátor/tester defibrilátorů v režimu simulátoru EKG (foto autor)

1.5.4 Použité přístroje a pomůcky

Analyzátor defibrilátorů DA-2006

Simulátor 10-ti svodového EKG jako součást defibrilátoru DA-2006

Digitální osciloskop

Digitální multimetry

Defibrilátor

Stabilizovaný regulovaný napájecí zdroj

1.5.5 Další informace k úloze

Viz též [1.27], [1.28], [1.29] a [1.30].

1.5.6 Literatura

- [1.26] *Defibrillator Analyzers. DA-2006, DA-2006P W/Pacer Analyzer. User Manual. Rev. 04.* St. Louis: BC Biomedical, 2006. 78 s.
- [1.27] *CodeMaster Defibrillator/Monitors - XL+ (MI722A/B), XL (MI723A/B). Service Manual.* Edition 5. USA: HP, 1996.
- [1.28] *Uživatelská příručka pro defibrilátor/monitor CodeMaster XL (HP MI723A/B).* 4. vydání. USA: HP, 1993.
- [1.29] *Uživatelská příručka pro defibrilátor/monitor CodeMaster XL+ (HP MI722A/B).* 4. vydání. USA: HP, 1993.
- [1.30] Hozman, J., Chaloupka, J. *Praktika z biomedicínské a klinické techniky 2 - terapeutická technika*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008. 118 s.
- [1.31] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství.* Praha: Academia, 2006. 406 s.
- [1.32] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty.* VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3

1.6 Digitální analyzátor obsahu kyslíku v plynech

1.6.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi analyzátoru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi.

1.6.2 Úkoly měření

- a) Seznamte se podrobně s digitálním analyzátozem obsahu kyslíku v plynech prostřednictvím příloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládacích prvků a možností použití.
- b) Proveďte kalibraci přístroje.
- c) Realizujte měření obsahu kyslíku při různém nastavení průtoku ventilem lahve a pro různé směsi plynů.

1.6.3 Postup měření

POZOR! Při manipulaci s tlakovými lahvemi se třeba dbát zvýšené opatrnosti a lze tak konat pouze na přímý pokyn vyučujícího. Všechny osoby, které jsou příliš nalíčené, popř. přišly do styku s mastnotou, se nesmí za žádných okolností dotýkat tlakové lahve s kyslíkem.

Ad 1.6.2 a)

Prostudujte návod k použití [1.33]. Na níže uvedeném Obr. 1.4 je uveden celkový pohled na analyzátor.



Obr. 1.4 Celkový pohled na digitální analyzátor kyslíku v plynech DOX 102 (foto autor)

Ad 1.6.2 b)

Ad 1.6.2 c)

1.6.4 Použité přístroje a pomůcky

Digitální analyzátor kyslíku v plynech DOX 102

Tlaková lahev se směsí plynů

Tlaková lahev s kyslíkem

Sada redukcí a ventilů

1.6.5 Další informace k úloze

Z hlediska principu analyzátorů/detektorů plynů se používají principy, které umožňují převod hledaných vlastností a parametrů na elektrický signál. Podle základního principu funkce lze analyzátory/detektory plynů rozdělit na:

- analyzátory pracující na fyzikálním principu - měří některou fyzikální veličinu, která má definovaný vztah a její hodnota je úměrná složení analyzovaného plynu,
- analyzátory pracující na fyzikálně-chemickém principu - jsou založeny na chemické reakci, které se účastní přímo určovaný plyn nebo ji výrazně ovlivňuje.

Z hlediska aplikací v lékařství nás budou zajímat zejména elektrochemické senzory a to jednak na principu palivového článku a jednak polovodičové.

Elektrochemické senzory:

- senzory ampérometrické - jsou založeny na měření proudu procházejícího mezi dvěma elektrodami ponořenými do roztoku elektrolytu,
- senzory galvanometrické - využívající principu galvanického článku.

Polovodičové senzory (také zvané oxidační) jsou určeny pro detekci oxidačních nebo redukčních plynů. Tuto skupinu senzorů lze rozdělit na následující dvě podskupiny:

- senzory s povrchovou (absorpční) detekcí - k chemické reakci dochází na povrchu citlivé plochy,
- senzory s objemovou (absorpční) detekcí - k chemické reakci dochází v objemu citlivé plochy.

V uvedeném analyzátoru je použit senzor fy Teledyne Analytical Instruments R-17MED [1.36]. Další podrobnosti k uvedené problematice lze nalézt v [1.37], [1.38] a [1.39].

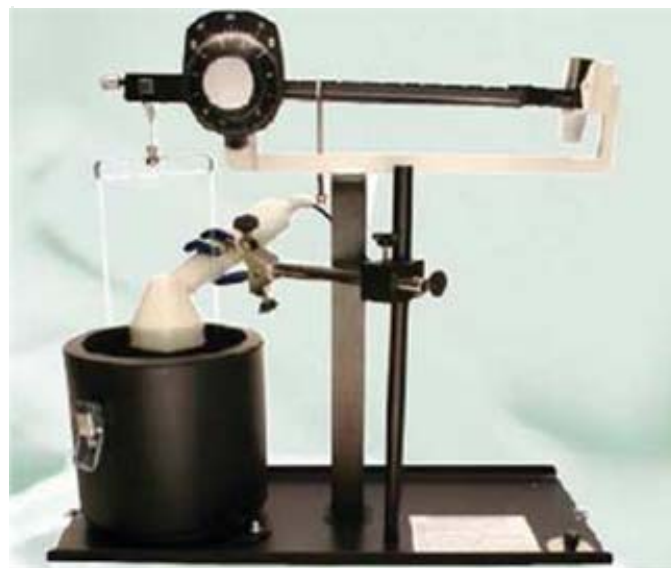
1.6.6 Vybrané otázky k dané problematice

1. Jaký je princip výše uvedených skupin analyzátorů/detektorů kyslíku (uved'te podrobný popis)?
2. Vysvětlíte zkratky PPM (ppm), PPT, PPB a PPHT ve spojitosti s koncentrací plynů?
3. Ve zdroji [1.35] naleznete během cvičení podklady, které se týkají konkrétně uvedené problematiky, a uved'te stručný obsah?
4. Uved'te aplikace uvedeného analyzátoru v klinické praxi.

1.6.7 Literatura

- [1.33] Digitální analyzátor obsahu kyslíku v plynech DOX 102. Návod k použití. Český překlad Medicton, s.r.o. Verze 2.86. 7 s.
- [1.34] Automatizace. Roč. 48/2005. Analyzátoř složení plynů. [online]. [cit. 15-01-2008]. <http://www.automatizace.cz/column.php?c=68>
- [1.35] Knihovny ČVUT. [online]. [cit. 17-01-2008]. <http://knihovny.cvut.cz> . Položka elektronické informační zdroje (brána EIZ) - Webster, J.G.: Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation.
- [1.36] Teledyne Analytical Instruments. Medical Instruments and Sensors. [online]. [cit. 11-01-2008]. <http://www.teledyne-ai.com/medical.asp>

1.7 Ultrazvukový wattmetř



Celkový pohled na ultrazvukový wattmetř USP-30

1.7.1 Cíl a obsah měření

Cílem je podrobné seznámení s možnostmi použití ultrazvukového wattmetru a s jeho konkrétním použitím v klinické praxi. V rámci měření bude využito již získaných poznatků z měření na terapeutickém ultrazvukovém přístroji.

1.7.2 Úkoly měření

- a) Seznamte se podrobně s ultrazvukovým wattmetrem prostřednictvím přiloženého návodu k použití a to zejména z hlediska ovládání a principu měření.
- b) Ověřte, že terapeutický ultrazvukový přístroj dodává do sondy takovou energii, která odpovídá hodnotě intenzity ultrazvukového vlnění na měřicím panelu.

1.7.3 Postup měření

Viz [1.42].

1.7.4 Použité přístroje a pomůcky

ultrazvukový wattmetr USP-30

ultrazvukový terapeutický přístroj

1.7.5 Další informace k úloze

Při zjišťování výsledné hodnoty intenzity ultrazvukového vlnění se provádí převod z gramů na watty ($g \rightarrow W$). Protože se na první pohled může jednat o poněkud nesrozumitelnou operaci, ačkoli se jedná o základní fyzikální experiment z oblasti měření výkonu ultrazvukového vlnění, bude obsahem následujícího textu vysvětlení tohoto převodu. Další podrobnosti jsou uvedeny v [1.37].

Pro vyzářený akustický výkon platí:

$$P = \frac{c \cdot F}{2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

kde

c - je rychlost šíření ultrazvuku v příslušné kapalině (voda),

α - je úhel mezi směrem šíření ultrazvukové vlny a normálou k odrazné ploše kužele.

Dále předpokládejme ideální odraz vlnění od kuželové plochy (tenká stěna dutého kužele). Sílu F změříme vážením odrazného kužele pro případ, že je ultrazvuk zapnut a vypnut

(získáme údaj o změně hmotnosti odražeče Δm). S výhodou využijeme možnost kompenzace klidového stavu váh před zapnutím ultrazvuku. Za předpokladu, že $g = 9,81\text{m/s}^2$, $c = 1491\text{ m/s}$ při teplotě 23°C , $\alpha = 45^\circ$, pak lze pro vyzářený výkon psát

Přibližně platí, že 10 mW odpovídá síle $6,7\ \mu\text{N}$ a to odpovídá přírůstku hmotnosti $0,68\text{ mg}$. Výkon je třeba měřit přerušovaně (např. 5 s měření, 20 s prodleva) aby nedocházelo k ohřátí vody. Užitá voda by měla být zbavena vzduchu (prevence vzniku kavitace). Na vyzářovací ploše měniče a na ploše odražeče se nesmí vyskytovat vzduchové bubliny.

V případě, že budeme uvažovat změnu naměřeného výkonu při uvážení útlumu ultrazvuku, je nutné výstupní výkon vynásobit $e^{2\alpha x}$, kde x je vzdálenost mezi odražečem a čelní plochou měniče a α je činitel útlumu ultrazvukových vln ve vodě. Pro čistou vodu při teplotě 23°C platí:

$$\frac{\alpha}{f^2} = 2,3 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{\text{MHz}^2 \cdot \text{cm}} \right], \text{ kde } f - \text{ je frekvence ultrazvuku.}$$

1.7.6 Literatura

- [1.37] Fabián, V., Dobiáš, M. *Použití technických norem ve zdravotnictví – zkušenosti autorizovaného metrologického střediska, malovýrobce a dodavatele zdravotnické techniky*. Praha: Medicton s.r.o., 2007. 74 s.
- [1.38] Hozman, J., Chaloupka, J. *Praktika z biomedicínské a klinické techniky 2 - terapeutická technika*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008. 118 s.
- [1.39] Hozman, J. a kol., *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008. 155 s.
- [1.40] Rozman, J. a kol. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia, 2006. 406 s.
- [1.41] PENHAKER, M., TIEFENBACH, P., IMRAMOVSKÝ, M., KOBZA, F.: *Lékařské diagnostické přístroje - učební texty*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2004 ISBN: 80-248-0751-3
- [1.42] *Ultrasound Power Meter USP-30. User Manual*. St. Louis: BC Biomedical, 2006. 9 s.