

УДК 338.242.4

*Проф. Є.В. Сторчун, д-р тех. наук;
доц. Л.К. Гліненко, канд. тех. наук;*

доц. В.Н. Фаст, канд. тех. наук – НУ "Львівська політехніка"

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СИСТЕМ ДЕФІБРИЛЯЦІЇ

Викладено основи методу еволюційного потенціалу. За даними аналізу матеріалів патентного фонду США досліджено еволюційний потенціал систем дефібриляції.

Ключові слова: дефібриляція, еволюційний потенціал, напрямок розвитку.

Prof. Y.V. Storchun; doc. L.K. Glinenko, V.N. Fast – NU "Lviv Polytechnica"

Evolutionary potential of defibrillation systems

Main features of the evolutionary potential method are analyzed. Evolutionary potential of defibrillation systems is investigated considering the data of the US Patent Office.

Keywords: defibrillation, evolutionary potential, evolution direction.

Сумна статистика серцевих захворювань у формі порушень ритму серця аж до його зупинки призводить до зростання потреби в системах дефібриляції різного типу. Незважаючи на величезні обсяги робіт за цією темою, нові ефективні взірці систем дефібриляції з'являються досить рідко.

Публікації за темою дослідження. Історія розвитку систем дефібриляції викладена в [1]. Аналіз ринку як зовнішніх, так і імплантованих дефібриляторів демонструє стійку тенденцію на розширення, причому зростання обсягу продажу імплантованих і зовнішніх автоматичних і переносних дефібриляторів увесь час прискорюється [2, 3]. Огляд основних різновидів імплантованих дефібриляторів/кардіоверторів (ІКД) наведено у [4], стаціонарних та переносних зовнішніх дефібриляторів – у [2]. Численні публікації за темою та більш ніж 500 патентів тільки США дають змогу оцінити основні напрямки вдосконалення систем дефібриляції у минулому.

Метою даної роботи є прогнозування ефективних напрямків вдосконалення імплантованих та зовнішніх систем дефібриляції на основі дослідження стану розвитку цих систем у цілому та окремих їх підсистем.

Методи дослідження. Для досягнення мети роботи був застосований метод еволюційного потенціалу [5]. Цей метод дає змогу визначити стан і перспективи розвитку довільної технічної системи та окремих її підсистем шляхом порівняння їх конструктивно-технологічних втілень з основними етапами відомих ліній розвитку технічних систем і відобразити цей стан графічно на полярних діаграмах, осі яких відповідають основним тенденціям розвитку систем даного класу, розбитим на основні етапи за кожним з напрямків. Виявлене дослідженням існуючих систем значення параметра по кожній з осей буде відповідати досягнутому в кожному з напрямків етапу розвитку системи; "непройдені" етапи розвитку будуть відповідати майбутнім втіленням технічної чи бізнес-системи і складати її "еволюційний потенціал" у кожному з напрямків. За коректного вибору осей діаграми (тобто ліній розвитку, що адекватно відбивають всі аспекти еволюції системи, найбільш ефективними переважно вважаються технічні рішення із вдосконалення ТС у напрямках, коли система має найбільший еволюційний потенціал.

Результати дослідження з обґрунтуванням отриманих результатів. Для визначення спрямованості і способів реалізації запропонованих технічних рі-

шень був проведений вибірковий аналіз описів технічних рішень, які містяться у патентному фонді США [uspto.gov]. Для суцільного аналізу були обрані: 1996 р., 2000-2002 рр.; вибірковий аналіз проводився для рішень, запатентованих у 1995, 1998, 1999 рр. Дані аналізу дають змогу визначити сучасні тенденції та стан розвитку ТС "дефібрилятор".

Можна стверджувати, що вдосконалення ТС "дефібрилятор" йшло шляхом вдосконалення його окремих підсистем (блоку формування імпульсу (БФІ) та його подачі на пацієнта (електроди), блоку керування (БК), блоку створення заряду (БСЗ). Так, наприклад, вдосконалення БФІ досягалось за рахунок:

- зменшення енергії і тривалості імпульсу для збільшення безпеки пацієнта шляхом переходу від монофазної до дво- і трифазної хвилі за рахунок розробки відповідних схемних рішень, зокрема, збільшення в контурі розряду кількості ємностей і перемикачів;
- збільшення ефективності роботи дефібрилятора за рахунок: а) збільшення сумарної віддачі енергії імпульсу навантаженню розгортанням схем дефібриляторів та переходом до імпульсної роботи; б) отриманням більшого струму розряду без збільшення напруги на обкладинках конденсатора внаслідок використання спеціальних типів конденсаторів на так званих "розумних матеріалах";
- збільшення ефективності дефібрилюючої дії за рахунок оптимізації місць подачі розряду збільшенням кількості та оптимізацією розташування електродів, за рахунок зменшення дестабілізуючого впливу імпедансу пацієнта та узгодження параметрів ДФ імпульсу та пацієнта (імпедансу пацієнта, стану серцевої діяльності тощо), збільшення керованості блоком;
- збільшення безпеки пацієнта за рахунок шунтування активного контура та заміни одного імпульсу полісистемою імпульсів, розподілених в просторі і в часі; стабілізація порога і моменту дефібриляції; збільшення надійності роботи за рахунок контролю параметрів елементів в процесі роботи.

Аналогічно були визначені основні напрямки вдосконалення інших блоків зовнішніх та імплантованих систем дефібриляції і самих систем у цілому. Аналіз конкретних технічних рішень із застосуванням методу еволюційного потенціалу дозволив визначити стан розвитку кожної з цих систем та підсистем та напрямки зосередження максимального еволюційного потенціалу.

Практичне застосування методу вимагає вибору з усієї безлічі потенційних осей діаграми – ліній розвитку ТС – сукупності саме тих ліній, що характеризують еволюцію ТС даного класу, і співрозмірного градування всіх осей діаграми. Ми провели параметризацію ліній розвитку шляхом градування всіх осей розвитку за десятибальною шкалою [6], і обрали лінії розвитку, що найбільшою мірою відображають еволюцію системи "дефібрилятор". Кількісне значення параметра розвиненості досліджуваної ТС відбиває етап, на якому знаходиться об'єкт у кожному з напрямків (осей) розвитку. Дані, які ми отримали за результатами аналізу патентного фонду за останні 30 років і інших даних про досліджувану систему, дозволили визначити стадії розвинутості системи "дефібрилятор" та окремих його підсистем. Так, наприклад, наявність імплантованого дефібрилятора з "гарячим" електродом із пористою поверхнею, покритою полімерним матеріалом (окис поліетилену з хлоридом натрію), дає змогу за напрямком розвитку "роздрібнення поверхні" надати стану розвинутості як блоку електродів, так і дефібрилятору у цілому значення 8 ("пориста поверхня з активними порами") за десятибальною

шкалою [6]. Завдяки розвинутій поверхні контакту утворюється іонна мережа електрод-тканина і не розвивається поляризація границі тканина-електрод, що забезпечує стабілізацію порога "дефібриляції" [Патент США 6 395 474].

Аналогічно були визначені значення параметрів розвинутості систем дефібриляції та їх підсистем за обраними напрямками (лініями розвитку). Результати дослідження з вказівкою технічного рішення, що обґрунтовує присвоєння параметру певного значення за шкалами, розробленими у [6], наведено у табл. 1.

Табл. 1. Значення градації окремих шкал полярних діаграм розвитку ТС "дефібрилятор" (для зовнішнього та імплантованого дефібрилятора) на основі аналізу патентного фонду США

Лінія роздібнення (структуризації) об'єкту			
№ етапу	Стационарний чи переносний зовнішній ДФ	№ етапу	Імплантований дефібрилятор
1	2	3	4
7	Об'єкт з польовим зв'язком частин [Патент США 6 304 780, 6.459.993]	8	Об'єкт з періодичним зв'язком частин [Патент США 6 343 231, 6 076 014]
Лінія роздібнення поверхні			
8	Пориста поверхня з активними порами [Патент США 6 395 474]	8	Пориста поверхня з активними порами [Патент США 6 395 474]
Лінія взаємодії з органами почуттів			
6	Інформація сприймається декількома органами почуттів [Патент США 6 356 785]	9	Інформація сприймається із залученням слабих полів [Патент США 5 562 709]
Лінія застосування внутрішнього простору системи			
9	3 D з додатковим елементом усередині [Патент США 6 041 255]	9	3 D з додатковим елементом усередині [Патент США 6.363 276]
Лінія застосування "розумних матеріалів"			
2	Застосування "розумних матеріалів" для мінімального згортання і покращання характеристик [Патент США 5 728 138, 5 549 184]	5	Застосування "розумних матеріалів" для часткового згортання і покращання характеристик [Патент США 6 404 619, 6 395 474, 5 728 138, 5 549 184, 5 527 346]
Лінія згортання			
2	Згортання вилученням елемента з передачею його функції іншим елементам [Патент США 6 6 477 413, 6 175 765, 6 041 254]	4	Згортання вилученням елемента з передачею його функції об'єкту функції [Патент США 6 076 014]
Лінія застосування асиметричності внутрішнього простору системи			
5-6	Асиметричний об'єкт	7-8	Посилення ступеня асиметрії [Патент США 6 076 014]
Лінія зменшення кількості перетворень енергії у системі			
2	Мінімальне зменшення внаслідок вдосконалення перетворювачів [Патент США 6 477 413, 6 175 765]	3	Значна кількість при однорідності (сигнали на однієї природи) [Патент США 6 041 254]
Лінія переходу на мікрорівень і до застосування полів (лінія макро-нано у просторі)			
2	Полісистема з деталей узагальненої форми (електроди різної конфігурації) [Патент США 6 449 506, 6 405 084]	3	Система на надмолекулярному рівні [Патент США 6 038 472]
Лінія макро-нано в часі			
6	Примусовий перехід з одного стану у другий і автоматично – назад [Патент США 6 487 448, 6 405 082, 6 356 785, 6 351 671]	10	Система сама постійно переходить зі стану в стан [Патент США 6 076 014, 6 096 061]

1	2	3	4
Лінія динамізації у просторі			
5-7	Тіло з багатьма шарнірами з переходом до гнучкого [Патент США 6 178 357]	10	Система, що змінюється (керується) дією полів [Патент США 5 728 138, 5 549 184]
Лінія динамізації поля			
4	Система зі змінними робочими органами [Патент США 6 272 385]; поле зі зміною параметрів [Патент США 6 405 082]	7	Послідовність чи просторова полісистема імпульсів [Патент США 5 531 766, 6 038 472]
Лінія динамізації у часі			
5-7	Система з примусово змінними робочими органами [Патент США 6 088 617, 6 021 349]	10	Система з самозмінними робочими органами [Патент США 6 088 616]
Лінія зменшення стабільності системи			
3-4	Система з szeregoю змінних станів [Патент США 6 405 082]	9	Динамічно стійка система [Патент США 6 096 061]
Лінія роздрібнення в часі			
7-8	Робоче поле стає імпульсним В паузах одної дії здійснюється друга [Патент США 6 173 204]	9-10	В паузах одної дії здійснюється друга Суміщення і узгодження дій [Патент США 6 480 738]
Лінія збільшення керованості системи			
7	Простий зворотний зв'язок [Патент США 6 047 212]	10	Система з "розумним" зворотним зв'язком [Патент США 6 096 061]
Лінія витіснення людини з системи			
4-8	Витіснення людини з рівня керування (самокерування) [Патент США 5 507 778, 6 405 082, 6 351 671]	9-10	Витіснення людини з інформаційного рівня (прийняття рішень) [Патент США 6.345 199, 6 343 231]
Лінія нелінійності			
6	Нестационарна система (робоче поле має змінний параметр) [Патент США 6 487 448]	7-8	Нестационарна система (робоче поле має кілька змінних параметрів) [Патент США 5 531 768]
Лінія розвитку сподівань споживача			
3-4	Результат застосування товару	3-4	Результат застосування товару
Лінія узгодження дій в просторі			
4	З буферним частковим узгодженням [Патент США 6 351 671]	8	З буферним повним узгодженням [Патент США 6 076 014]
Лінія узгодження дій			
7-9	З повним узгодженням (одна дія в паузах другої) [Патент США 6 173 204, 6 405 082]	10	Самоузгодження [Патент США 5 490 862, 6.345 199, 6 343 231]
Лінія узгодження ритміки			
9	Застосування резонансу, синхронізації [Патент США 6 304 783, 5 507 778.]	10	Динамічне узгодження / розузгодження [Патент США 5 584 864, 6 256 534, 6 096 061]
Лінія розвитку моно-бі-полі			
5	Багатофункціональна бісистема [Патент США 6 154 673]. Полісистема електродів	8	Суміщення систем в полісистемі. (ДФ, кардіостимулятор, пейсмейкер) [Патент США 6 442 426]

За табл. 1 побудована полярна діаграма системи "дефібрилятор" (рис. 1).

З рис. 1 видно, що найбільший еволюційний потенціал ТС "дефібрилятор" (як по зовнішньому, так і по імплантованому ДФ) зосереджений в кількох основних напрямках: зменшення кількості перетворень енергії в системі, згорання, застосування "розумних матеріалів", переходу макро-нано (на мікрорівень) у просторі. Для зовнішнього ДФ додатковий потенціал містять лінії ди-

намізації і узгодження дій в просторі і часі. За аналогічними даним табл. 1 даними для БФІ, БК та БСЗ побудовані їх діаграми розвинутості (рис. 2-4).

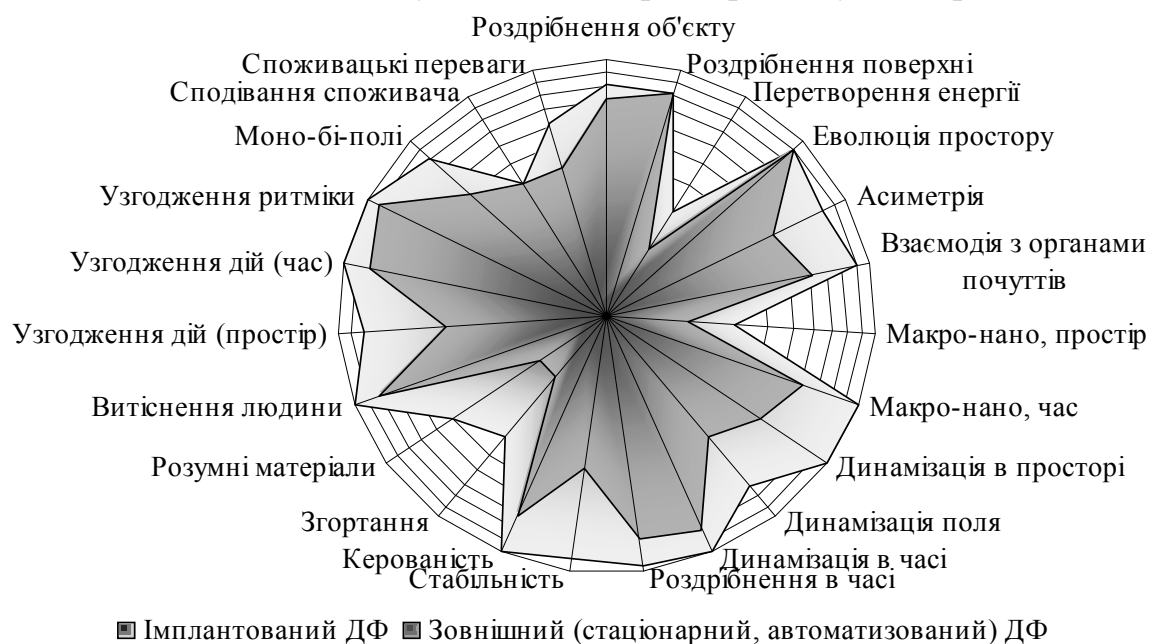


Рис. 1. Діаграма розвинутості технічної системи "дефібрилятор"

Знаходження технічних рішень для переходу на наступні стадії розвитку по цих осях може забезпечити збільшення ефективності, зручності експлуатації, зменшення вартості і збільшення надійності роботи системи. Аналогічні висновки можна зробити по окремих підсистемах ТС "дефібрилятор" (рис. 2-4).

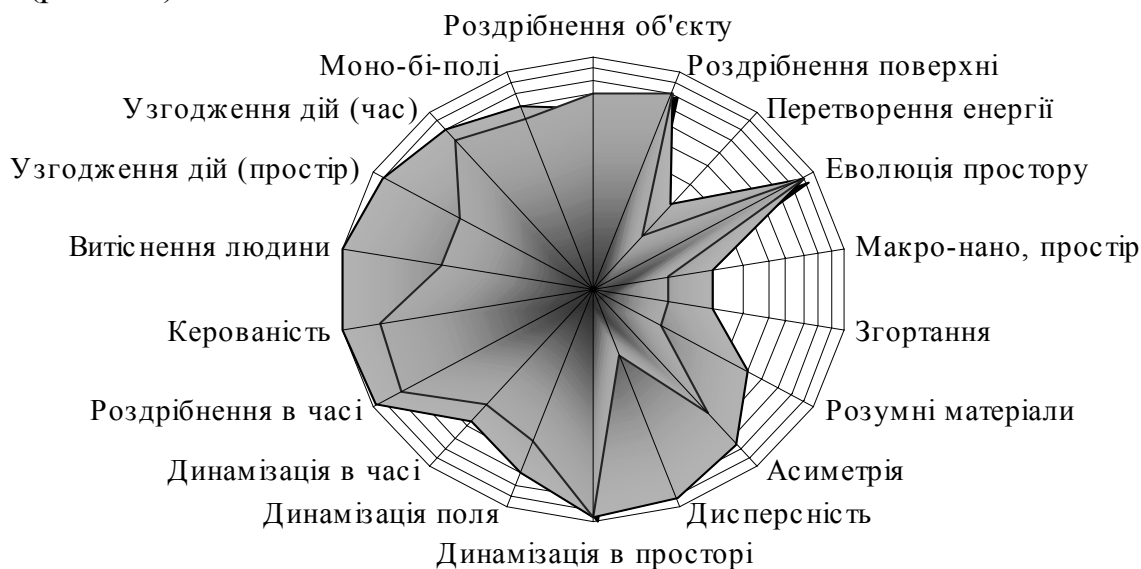
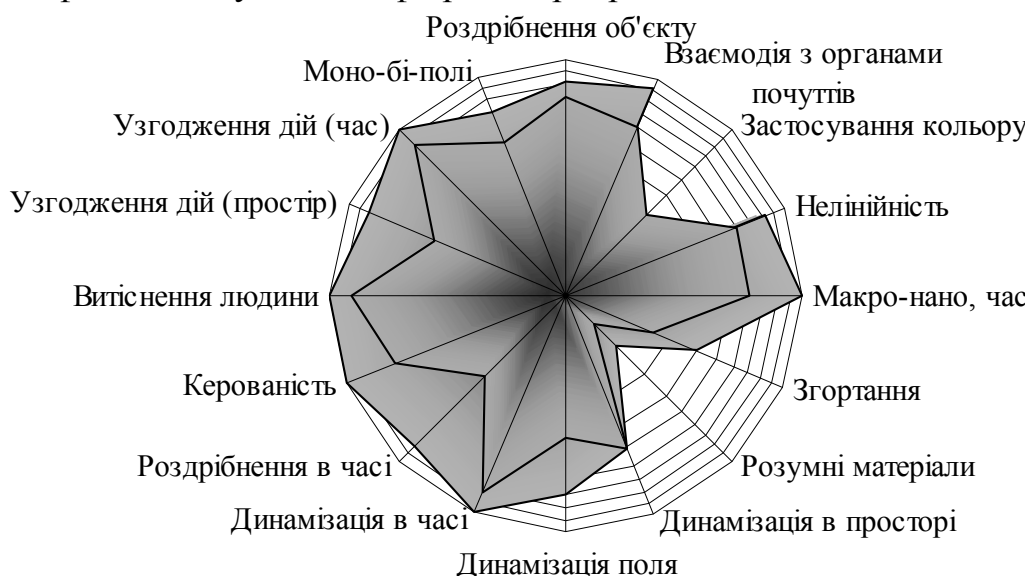


Рис. 2. Діаграма розвинутості підсистеми "блок формування імпульсу" (БФІ) технічної системи "дефібрилятор"

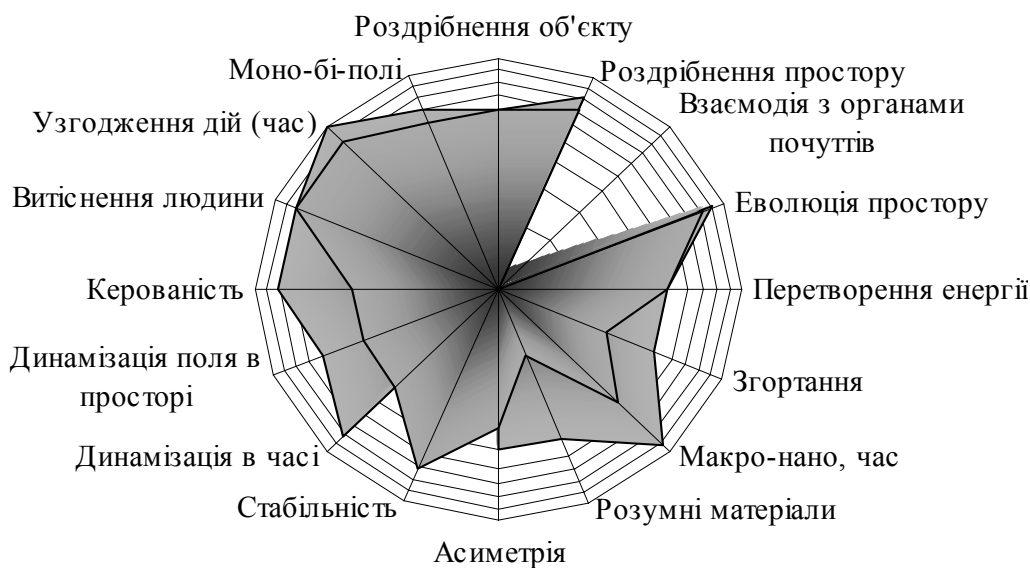
Загальний висновок. З отриманих даних видно, що як для системи "дефібрилятор" в цілому, так і для окремих підсистем майже по всіх напрямках розвитку імплантований дефібрилятор є досконалішим за зовнішній. Тому один з найпростіших і найперспективніших шляхів вдосконалення зовнішнього дефібрилятора полягає у перенесенні на нього (з відповідною моди-

фікацією) рішень, отриманих для імплантованого дефібрилятора, з урахуванням специфіки застосування дефібриляторів різних типів.



■ Імплантований ДФ ■ Зовнішній (стаціонарний, автоматизований) ДФ

Рис. 3. Діаграма розвинутості підсистеми "блок керування" технічної системи "дефібрилятор"



■ Імплантований ДФ ■ Зовнішній (стаціонарний, автоматизований) ДФ

Рис. 4. Діаграма розвинутості підсистеми "блок створення заряду" (БСЗ) технічної системи "дефібрилятор"

Література

1. The History of Defibrillators. – www.bae.ncsu.edu/bae/courses/bae465/1995_projects
2. U.S., European, and Japanese External Defibrillator Markets. – www.mindbranch.com
3. Defibrillators, external – Market Overview. <http://medizin.li/defibrillator>
4. Guidant study could boost defibrillator sales. – www.heart1.com
5. Mann D. Evolutionary-Potential™ in Technical and Business Systems// Journal of TRIZ, July, 2002. – www.triz-journal.com.
6. Гліненко Л. Адаптація методу еволюційного потенціалу для постановки задач вдосконалення ТС.// Зб. наук. праць ФМІ НАН України: Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. – Львів: Вид-во ФМІ. – 2003, вип. 8. – С. 191-198.