

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВИХ ВЕЛИЧИН

УДК 536.6

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ СПОСОБІВ ОБЛІКУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА ІНДИВІДУАЛЬНИМИ СПОЖИВАЧАМИ

© Наталія Заміщак, Ярослав Луцик, 2013

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірjuвальних технологій,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Проаналізовано основні способи обліку витрат тепла індивідуальними споживачами, розглянуто їхні переваги та недоліки. Результати роботи можна використовувати під час розроблення та проектування нових засобів вимірювання витрат тепла.

Проанализированы основные способы учета расхода тепла индивидуальными потребителями, рассмотрены их преимущества и недостатки. Результаты работы можно использовать при разработке и проектировании новых средств измерения расхода тепла.

This paper describes the analysis of the main ways of account of heat energy consumption by individual user and presents their advantages and disadvantages. The results of the work can be used in the design and developing of new means of heat energy.

Постановка задачі. Відомо, що в усьому світі та в Україні зокрема за останні десятиліття постала гостра необхідність в ощадливому використанні енергетичних ресурсів. У минулому, за низьких цін на енергоносії, не вважали проблемою те, що житлово-комунальне господарство (ЖКГ) є однією із найбільш енергозатратних галузей. В структурі витрат ЖКГ витрати енергоресурсів на теплове постачання посідають перше місце. Кількісні витрати енергетичних ресурсів у сучасному житловому секторі розподіляються так: приготування їжі – 6 %, гаряча вода – 11 %, освітлення і використання різних пристроїв та побутової техніки – 11 %, опалення – 72 % (див. рисунок) [1].

Отже, заощадження енергетичних ресурсів у житлово-комунальному господарстві залежить, передусім, від економії в галузі теплопостачання, де найзатратнішою часткою є багатоповерхові (багатоквартирні) будівлі.

Для підвищення ефективності теплопостачання удосконалюються централізовані системи теплопостачання (підвищується теплоізоляція теплопроводів, використовується ефективніше устаткування, сучасні прилади автоматики і керування) та підвищується рівень енергетичної ефективності будинків (енер-

гоаудит і паспортизація будинків, збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій, застосування ефективного інженерного устаткування тощо) [2]. Крім того, важливим заходом є обладнання будинків засобами обліку витрат тепла.



Діаграма поділу енергетичних затрат у житловому секторі

Сьогодні оплата за опалення становить значну частину оплати за житло. Українські споживачі енергоресурсів, переважно, платять не за реально спожиту кількість теплової енергії, а за нормовану, і не зацікавлені у зниженні енергоспоживання. Виробники ж енергоресурсів, окрім прямих витрат теплової енергії, до її вартості, яку сплачують споживачі, додають також витрати на компенсацію втрат трубопроводами

та інженерними спорудами теплових мереж, експлуатаційні витрати, зокрема й на технічне обслуговування.

Мета цієї роботи – проведення аналізу основних прийнятих способів обліку витрат тепла індивідуальними споживачами для застосування його результатів у розробленні та проектуванні нових засобів вимірювання витрат тепла.

Виклад основного матеріалу. Проаналізуємо, як сьогодні обліковується спожите тепло в окремого споживача.

Якщо будинок не оснащено засобом обліку теплової енергії, то розрахунок для індивідуальних споживачів ведеться за **нормами витрат тепла** на потреби опалення (КТМ 204 України 244-94). Норми витрат — це показник витрат на виробництво одиниці продукції (роботи) для опалення приміщень з розрахунку на 1 м^2 загальної опалювальної площі чи 1 м^3 об'єму будов (за зовнішнім обміром) [3]. Для такого способу кількість спожитої теплової енергії знаходять так:

$$Q_i = k \cdot S_i, \quad (1)$$

де Q_i – кількість тепла, використаного i -м споживачем; k – норма споживання теплової енергії на обігрівання 1 м^2 за нормований період часу; S_i – площа приміщення i -го споживача.

Норми споживання теплової енергії на обігрівання 1 м^2 встановлюються для окремих регіонів на основі розрахунків витрат тепла за попередні роки. Річні потреби тепла на опалення визначають за окремими формулами, результат розрахунків залежить від зовнішньої температури в опалювальний період, тривалості опалювального періоду, кількості годин роботи систем опалення на добу тощо.

Такий спосіб не враховує ступінь засклення приміщень, особливості об'ємно-планувального вирішення будинків та інші теплотехнічні фактори, що істотно впливають на енергозатратність приміщення. Також застосування такого обліку призводить до істотних розбіжностей між встановленою нормою споживання тепла та фактичним його споживанням, часто завищується реальна потреба споживаної кількості тепла і тому не сприяє впровадженню енергозаощаджувальних технологій з боку споживача.

Також в Україні поширений так званий «**комерційний облік**», що полягає в оснащенні будинку чи

під'їзду окремим засобом обліку. Згідно зі статистичними даними [5] в Україні існує близько 150 тисяч багатоквартирних будинків з централізованим опаленням. Станом на 1 січня 2002 року з усіх цих будинків були обладнані лічильниками теплової енергії близько 7,0 % від загальної кількості. Для Львівської області цей показник становить 18,4 %.

Якщо встановлено будинкові засоби обліку теплової енергії, індивідуальний споживач оплачує послуги згідно з їх показниками пропорційно до опалюваної площі (або об'єму) квартири. Тоді кількість теплової енергії, що спожив окремих споживач, Q_i знаходять так:

$$Q_i = Q_{\text{бвд}} \cdot \frac{S_i}{S}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{бвд}}$ – кількість теплової енергії, за показами будинкового теплового лічильника; S_i – за певний період часу; площа приміщення i -го споживача; S – площа всього будинку.

Цей спосіб достовірніший щодо загальнобудинкового використання теплової енергії, але що стосується окремих споживачів, то в ньому не враховуються індивідуальні теплотехнічні характеристики кожного приміщення та його опалювального обладнання.

Способом визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія у системі опалення вимірюється інтегральна кількість теплової енергії Q , яку віддали квартира чи окремих опалювальних пристрій за деякий проміжок часу $\Delta t = t_2 - t_1$ (t_1 – момент часу, що відповідає початку вимірювання, t_2 – момент часу, що відповідає закінченню вимірювання). Аналітичний вираз для визначення Q є відомий і достатньо вивчений [6, 7]

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt, \quad (3)$$

де $q(t)$ – це теплова потужність, яка відповідає кількості тепла за одиницю часу t і її розмірність – Вт, Дж/с.

Відомо, що $q(t) = m(t) \cdot h(t)$ (тут $m(t)$ – маса теплоносія, що витрачається на обігрівання квартири, кімнати чи окремого теплового пристрою, кг; $h(t)$ – питома ентальпія теплоносія, Дж/кг). Тоді для мереж теплопостачання з поверненням охолодженого теплоносія до тепловиробників або переданням його наступним споживачам вираз (3) набуває такого вигляду:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} m(t)(h_{np}(t) - h_{зв}(t))dt, \quad (4)$$

де $h_{np}(t)$, $h_{зв}(t)$ – питома ентальпія теплоносія відповідно в прямому та зворотному трубопроводах, Дж/кг. Тепловий лічильник обчислює теплову енергію як інтеграл, одним із відомих числових методів.

Якщо перейти до виразу (4) у неінтегральній формі, тоді вираз для обчислення кількості теплової енергії Q_i , спожитої i -м споживачем, буде таким:

$$Q_i = m_i(h_{i,np} - h_{i,зв}). \quad (5)$$

Ентальпія прямо не вимірюється, проте її можна виразити через температуру T і питому теплоємність c теплоносія. Тоді

$$Q_i = m_i \cdot c \cdot (T_{i,np} - T_{i,зв}) = m_i \cdot c \cdot \Delta T_i, \quad (6)$$

де $T_{i,np}$, $T_{i,зв}$ – температура теплоносія відповідно в прямому та зворотному теплопроводах i -го споживача, а ΔT_i – їх різниця. Масу теплоносія m_i у системі опалення теж неможливо виміряти, а вимірюється його об'ємна витрата V_i , м³/с. Якщо $m_i = r \cdot V_i$ (де r – густина теплоносія, кг/м³), тоді

$$Q_i = r \cdot V_i \cdot c \cdot \Delta T_i. \quad (7)$$

Густина води (теплоносія) r залежить від її температури T і тиску p . Часто величиною r нехтують, оскільки густина води за будь-якої температури і будь-якого тиску близька до 1000 кг/м³, тому вважають, що маса 1 м³ води приблизно дорівнює 1 тонні. Залежність густини води від температури та тиску неможливо представити точною формулою, тому вона визначається або за спеціальними таблицями [8, 9], або за допомогою апроксимуючого полінома [10]. Визначення питомої теплоємності c , яка також залежить від тиску p та температури T , проводиться аналогічними методами – з таблиць або функціонально. Через такі практичні особливості за нормативами [11, 12] використовується формула (5) для визначення теплової енергії в Україні та в інших країнах, що входили до Радянського Союзу.

У західних країнах теплову енергію обчислюють як

$$Q_i = V_i \cdot K_T \cdot (T_{i,np} - T_{i,зв}), \quad (8)$$

де K_T – тепловий коефіцієнт (відомий також як коефіцієнт Штюка), який залежить від властивостей теплоносія за відповідних значень температури і тиску,

МДж/(м³·°C). Відомо, що формула (8) характеризується істотною методичною похибкою [13]. Умовно істинне значення теплового коефіцієнта для води, у разі використання її як теплоносія, розраховують для тиску 16 атмосфер (1600 кПа). Тепловий коефіцієнт K_T враховує густину теплоносія і його питому теплоємність, знайдені з урахуванням зазначеного тиску. Засоби вимірювання теплової енергії європейського виробництва працюють за відповідними європейськими стандартами, але вітчизняні системи теплопостачання не розраховані на тиск 16 атмосфер. Тому особливості описаного вище способу розрахунку необхідно враховувати у разі впровадження закордонних вимірювальних засобів в Україні.

Отже, для реалізації способу визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія в системі опалення необхідно вимірювати витрати теплоносія V_i , температури теплоносія у вхідному та вихідному (прямому та зворотному) трубопроводах $T_{i,np}$ та $T_{i,зв}$, тиску теплоносія p (якщо його значення не приймають сталим). За таким способом працюють практично всі теплові лічильники (СТ-1М, Multical, Sensoic, Ultraheat 2WR, Integral, UFEC 005 та інші).

Оплата теплової енергії за показниками індивідуальних поквартирних теплолічильників є найоб'єктивнішою і такою, що стимулює мешканців і власників приміщень до ефективного та ощадливого споживання теплової енергії. Проте вартість лічильників тепла є високою – від 300 доларів США і більше. Встановлення таких лічильників просто реалізується лише у тих будівлях, де система опалення має горизонтальне розведення обігрівачів. Оскільки в Україні більшість багатопверхових будівель мають вертикальне розведення обігрівачів, то пропонується поряд з комерційним обліком застосовувати системи для поквартирного обліку витрат теплоносія, робота яких основана також на способі визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія. Така система поквартирного вимірювання тепла визначає теплоспоживання кожного стояка окремо, різницю значень ентальпій на вході та виході в приміщення локального споживача (квартири) по кожному стояку, що проходить через приміщення, встановлює частку спожитої теплової енергії у приміщенні квартири в межах одного стояка, розраховує загальну кількість тепла, що спожив локальний споживач.

Основним недоліком *способу визначення витрат тепла відповідно до витрати теплоносія* є те, що значення теплової енергії за ним повністю залежить від теплофізичних параметрів теплоносія, в нашому випадку – води. Вода, що протікає у системах централізованого опалення, повинна відповідати певним нормам, на підставі яких і визначено методи розрахунку маси та ентальпії теплоносія. Але насправді у системах вода часто далека від встановлених норм. Тому теплофізичні параметри, які визначаються в процесі розрахунку витрат тепла, будуть неточними. Крім того, забруднення теплоносія-води не лише різними домішками, але й великими частками накипу чи іншого бруду виводить з ладу витратоміри, які використовуються в засобах вимірювання теплоспоживання. У таких випадках можна застосовувати ультразвукові витратоміри, але вони значно дорожчі від механічних. Також у разі реалізації цього способу часто використовують сталі значення тиску, застосування якого теж обґрунтоване для “нормованого” теплоносія. А для тієї “суміші”, що є насправді теплоносієм, ці дані не враховано. Та й саме значення тиску в системі опалення може теж істотно змінюватись на різних ділянках. Щоб уникнути цього, ставлять у засоби та системи вимірювання теплової енергії вимірювачі тиску, що робить ці засоби і системи дорожчими та складнішими.

Існує ще один спосіб визначення витрат тепла, який на початку ХХ ст. запропонував датський інженер Одін Кларіус [14]. Він полягає у *вимірюванні кількості тепла, що віддає поверхня кожного обігрівача*. Теоретично процес віддавання тепла від обігрівача (батареї, радіатора, конвектора) до повітря кімнати вважають конвективним теплообміном. Основним законом, що описує процес конвективної теплопередачі, є закон Ньютона–Ріхмана, відповідно до якого кількість тепла, передана за одиницю часу конвекцією, прямо пропорційна до площі поверхні теплообміну та різниці температур між поверхнею твердого тіла і рідиною (газом) [15, 16]:

$$Q = a \cdot S \cdot (T_{cm} - T_n), \quad (9)$$

де S – площа поверхні, m^2 ; T_{cm} і T_n – температури стінки і теплоносія відповідно, $^{\circ}C$. У випадку обігрівача, що нагріває повітря у кімнаті, закон Ньютона–Ріхмана набуде вигляду

$$Q_j = a_j \cdot (T_{jo} - T_{jнов}) \cdot S_j \cdot t, \quad (10)$$

де j – номер конкретного обігрівача; a_j – коефіцієнт тепловідатності обігрівача, $Вт/(m^2 \cdot K)$; T_{jo} – середня температура поверхні обігрівача, $^{\circ}C$; $T_{jнов}$ – температура повітря у приміщенні (повітря тут як охолоджувальний теплоносіє), $^{\circ}C$; S_j – площа поверхні, що віддає тепло (площа обігрівача); m^2 ; t – час споживання тепла, с.

Тоді загальна витрата теплової енергії в окремій квартирі визначатиметься з виразу:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_j, \quad (11)$$

де n – кількість обігрівачів у i -й квартирі.

Однак у разі визначення величини теплоспоживання таким методом у розрахунках використано коректувальні коефіцієнти a_j , які враховують відмінності обігрівачів, що застосовуються. Ці коефіцієнти називають – радіаторними коефіцієнтами, і визначають їх за допомогою досліджень для кожного обігрівача. Сам радіаторний коефіцієнт залежить від низки зовнішніх факторів, зокрема, від неоднорідності виготовленого радіатора (що спричиняє нерівномірний тепловий потік по поверхні), якості теплоносія (що призводить до зміни радіаторного коефіцієнта з часом в результаті зашлакованості радіатора), способу подавання теплоносія тощо. Тому цей спосіб актуальний для ідеального будинку з високоякісними одноступінними радіаторами з чітко визначеними характеристиками. Сьогодні в українських житлових будинках застосовують різні обігрівачі (радіатори) – від чавунних до сучасних біметалевих, а це потребує отримання детальних характеристик всіх їх типів.

Відомі реалізації систем обліку витрат тепла для індивідуальних споживачів, що визначають витрату тепла за методом визначення кількості тепла, відданого радіатором [15, 16]. Запропоновано для комерційного обліку витрат тепла визначати середнє значення коефіцієнта тепловідатності обігрівача $a_{сер}$. Загальна кількість спожитої теплової енергії $Q_{\text{ов}}$ (за показом загальнобудинкового лічильника) визначатиметься як

$$Q_{\text{ов}} = \sum_{j=1}^m Q_j, \quad (12)$$

де m – загальнобудинкова кількість радіаторів, що встановлені в квартирах та на сходових клітках, загальних коридорах тощо. Тоді із урахуванням (10)

$$a_{сер} = \frac{Q_{\text{ов}}}{\sum_{j=1}^m S_j \cdot \Delta T_j \cdot t}, \quad (13)$$

де ΔT_j – різниця температур між температурою на поверхні обігрівача й охолоджувального середовища локального споживача тепла.

Визначивши $\alpha_{сер}$, підставляємо його до виразу (10) і знаходимо кількість тепла, що віддав окремий радіатор Q_i за час t . Кількість тепла, спожитого локальним споживачем Q_i , у цьому способі визначатиметься як

$$Q_i = k_{заг.вум.} \sum_{j=1}^n Q_j, \quad (14)$$

де $k_{заг.вум.}$ – коефіцієнт, що враховує витрати тепла на загальнобудинковий обігрів (обігрів сходових кліток, технічних приміщень, загальних коридорів тощо) для кожного окремого споживача.

Отже, спосіб визначення витрат тепла локальним споживачем із урахуванням закону Ньютона–Ріхмана дає змогу відійти від теплофізичних особливостей теплоносія. У разі застосування цього методу для побудови системи визначення витрат тепла індивідуальними споживачами в багатоповерхових будівлях, щоб знайти кількість тепла, що віддає пристрій опалення, потрібно лише виміряти температуру. Це дає змогу також спростити технічне рішення та знизити вартість системи. Натомість у разі використання цього способу великого значення набуває коефіцієнт тепловідатності α . А це, своєю чергою, визначення характеристик типів радіаторів (обігрівачів), що зробити цілком можливо, оскільки більшість з характеристик радіаторів задають їх виробники.

Висновки. Враховуючи загальну ситуацію в Україні у період зтяжної енергетичної кризи та дороговизни палива, можна зробити висновок про необхідність пошуку нових шляхів енергозбереження. Оскільки однією з найенергозатратніших галузей є житлово-комунальне господарство, а найвагоміші в ньому – витрати енергоресурсів на теплове постачання, то важливо впроваджувати енергоощадні заходи власне у цьому секторі. До енергоощадних заходів належить впровадження індивідуального обліку використання тепла в багатоквартирних будинках, оскільки це спонукає споживачів до економії використаної теплової енергії у власному приміщенні. Зазначимо, що індивідуальний облік буде результативнішим за умови встановлення засобів для регулювання температури теплових пристроїв самим споживачем та проведення утеплення вікон, дверей чи зовнішніх стін приміщення.

Аналіз відомих способів обліку теплової енергії в окремого споживача та визначення їхніх переваг та недоліків дає змогу вибрати конкретний для засобів вимірювання теплової енергії, зокрема для систем обліку індивідуального споживання теплової енергії в багатоквартирних будинках. Для побудови таких систем здебільшого застосовується спосіб визначення витрат тепла за витратою теплоносія, оскільки він більш вивчений і вважається достовірнішим. Хоча, за технічною реалізацією, спосіб обліку, побудований на законі Ньютона–Ріхмана, простіший та дешевший. Але, застосовуючи його, необхідно враховувати як неточності у визначенні коефіцієнта тепловідатності обігрівача, так і складову теплового випромінювання, яка в багатьох видах обігрівачів істотна.

1. *Thermal Modeling of a Solar Water Collector Highly Building Integrated* / F. Motte, C. Cristofari, G. Notton. *Excerpt from the Proceedings of the 2011 COMSOL Conference in Stuttgart, Germany*.
2. Мухайлюк О.Л. Ринкові механізми енергозбереження на півдні України. <http://www.niss.od.ua>. [З мережі]
3. Єршоменко А. Українців ставлять на лічильник — тепловий // *Дзеркало тижня*. Україна. — № 43. <http://dt.ua/ECONOMICS>.
4. Маліков В.М., Худенко А.А. Підвищення ефективності енергозбереження в житлово-комунальному господарстві. — <http://www.necin.gov.ua>. [З мережі]
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 25 грудня 2002 р. № 1957. “Про продовження терміну виконання Програми поетапного оснащення наявного житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії до 2007 року”.
6. Михеев М.А. *Основы теплопередачи*. — Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1956. — 392 с.
7. Каханович В.С. *Измерение расхода вещества и тепла при переменных параметрах*. — М., 1970. — 168 с.
8. ГСССД Р-776-98. Александров А. А., Григорьев Б. А. *Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара*. — М.: Издательство МЭИ, 2006. — 168 с.
9. ГСССД 98-86. Вода. Удельный объем и энтальпия при температурах 0...1000 град. С и давлениях 0,001...1000 МПа.
10. МИ 2412-97. ГСИ. Водяные системы теплоснабжения. Уравнения измерения тепловой энергии и количества теплоносителя.
11. Тимчасові правила відпуску та обліку спожитої теплової енергії. — Держ. комітет України з житлово-комунального господарства. — К., 1996. — 66 с.
12. Правила учета тепловой энергии и

теплоносителя. утв. Минтопэнерго РФ 12.09.1995 № Вк-4936 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 25.09.1995 № 954). 13. Гришанова І.А. Шляхи вдосконалення витратомірів-лічильників // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – Вип. 38. – К., 2009. – С. 62–70. 14. Грачева Екатерина, Сколько платит за воду и отопление? Поквартирный учет расхода воды и тепла и оплата реально предоставленных услуг. –

<http://www.energoser.74.ru/uchet/uchet02.htm>. [З мережі] 15. Енциклопедія термометрії / Я.Т. Луцик, Л.К. Буняк, Ю.К. Рудацький, Б.І. Стадник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – С. 428. 16. Врагов А.П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: навч. посіб. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 262 с.

УДК 621.311.13

МЕТОД ПОБУДОВИ ЯДЕРНО-КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСНОГО ТЕРМОМЕТРА НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ СИНТЕЗАТОРІВ

© Волицький Ростислав, 2013

Національний університет «Львівська політехніка», кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,
вул. С. Бандери, 28а, 79013, Львів, Україна

Розглянуто традиційні методи детектування ядерно-квадрупольного резонансу та запропоновано новий підхід до розроблення його вимірювального каналу. Канал оснований на цифрових синтезаторах та цифрових елементах. Розглянуто недоліки і переваги цих методів.

Рассмотрено традиционные методы детектирования ядерно-квадрупольного резонанса и предложен новый подход к разработке его измерительного канала. Канал базируется на цифровых синтезаторах и цифровых элементах. Также рассмотрены недостатки и преимущества этих методов.

As part of this work were considered traditional methods of detection of nuclear quadrupole resonance, and a new approach to the development of its measuring channel. This channel is based on the digital synthesizers and digital elements. It was also discussed the advantages and disadvantages of these methods.

Вступ. Ядерно-квадрупольний резонанс (ЯКР) – це метод спектроскопії, вперше описаний у роботі Демельта і Крюгера 1946 р. [1]. За допомогою цього методу можна отримати детальну інформацію про фізико-хімічну будову певного кристала речовини, а саме: симетрію кристала, будову хімічних зв'язків, фазових переходів, міжмолекулярних з'єднань, дефектів та внутрішніх процесів кристала [2, 3]. Цей метод становить величезний інтерес для фізиків і хіміків, оскільки він уможливує розуміння суті і природи певної речовини.

Суть явища ЯКР криється у такому понятті, як ядерно-квадрупольний момент. Ядерно-квадрупольний момент – це така величина, яка характеризується неідеальністю сферичної форми ядра. В кристалах під впливом ядерного квадруполя з електричним полем електронних оболонок виникає орієнтація ядерних спінів у деякому напрямку. Якщо перпендикулярно до

цього напрямку накласти радіочастотне поле, частота якого дорівнює частоті переходу між рівнями квадрупольної енергії, то можна спостерігати поглинання потужності радіочастотного поля [4].

ЯКР тісно пов'язаний з ядерно-магнітним резонансом. Міллер і Беррел у вступі до своєї статті прекрасно описують відмінність між цими двома явищами [5]. Весь матеріал цієї статті зводиться до того, що ключовою відмінністю між ЯМР та ЯКР є саме слово «зовнішній». Тобто у ЯМР виникає зовнішнє магнітне поле, тому що дослідник спрямував зусилля на те, щоб прикласти це поле до досліджуваного зразка, можливо, використовуючи надпровідний електромагніт. У ЯКР потрібне електричне поле (якщо точніше, градієнт електричного поля), яке є самодостатнім: воно відображає місця розташування електронів навколо досліджуваного ядра, тобто існує завжди. За цих умов відбувається поглинання енергії