# Розділ 1. ВСТУП

## 1.1. Сфера застосування ПФВ. Актуальність розробки та використання ПФВ

Один із напрямків науково-технічного прогресу – вдосконалення існуючих і створення нових засобів вимірювань, зокрема ПФВ, які призначені для перетворення фізичних величин у зручні для вимірювань, або подальших перетворень, вихідні сигнали і які все ширше застосовуються як у вимірювальній техніці, так і в автоматизованих системах керування технологічними процесами.

На теперішній час велика увага приділяється подальшому розвитку інформаційно-вимірювальної техніки (і зокрема ПФВ), призначеної для автоматизованих систем керування. Тому актуальним є розширення виробництва приладів і ПФВ для наукових досліджень, контролю за станом навколишнього середовища, а також - сучасних медичних приладів і апаратури. Тисячі фізичних величин (у тому числі лінійні і кутові розміри, параметри технологічних процесів) доводиться вимірювати за різноманітних, іноді несприятливих умов, що неможливо без досконалих ПФВ.

Подальший розвиток космічних досліджень, проникнення вимірювань в області надвисоких і наднизьких температур і тисків, частот і енергій, вивчення таємниць живого організму, боротьба з хворобами, охорона навколишнього середовища та праці людини, коли умови вимірювань стають все складнішими, дають поштовх до створення принципово нових засобів вимірювань і, насамперед, ПФВ.

*Мета даного підручника* – викласти принцип дії, основи теорії та розрахунку основних типів перетворювачів фізичних величин.

*Завдання підручника*:

1. навести основні відомості, необхідні для теоретичного вивчення пристроїв, які виконують функціональне перетворення за контрольованим або керованим фізичним параметром у процесі передачі інформації по вимірювальному колу різноманітних видів вимірювання (тиску, витрат, швидкості і т. ін.);
2. подати основні положення для набуття вмінь та навичок щодо розрахунку та проектування типових перетворюючих фізичних величин;
3. розкрити професійну, методичну направленість дисципліни, її зв'язок з іншими дисциплінами спеціальності.

У підручнику передбачено:

1. викладення основних відомостей про нові досягнення вчених у галузі створення перетворюючих пристроїв приладів, удосконалення техніки наукового експерименту, що потребує, у свою чергу, створення великого класу високоточних та надійних перетворювачів,
2. висвітлення основних перспективних напрямів в області вимірювальних перетворювачів;
3. викладення в систематизованому вигляді методів розрахунків найбільш поширених і перспективних перетворювачів.

*Мета лабораторних робіт* - закріпити викладений лекційний матеріал, отримати практичні навички експериментальних досліджень, вміння аналізувати одержані експериментальні результати.

*Основна мета виконання студентами контрольних робіт* *на ЦОМ* - отримати практичні навички розрахунку вимірювальних перетворювачів на ЦОМ, закріпити лекційний матеріал.

У підручнику надано методичні вказівки при вивченні дисципліни (що особливо важливо для студентів безвідривної форми навчання), розрахунки перетворюючих пристроїв приладів, навчальні програми розрахунків перетворюючих пристроїв приладів на ЦОМ, лабораторні роботи з дисципліни, задачі з дисципліни, перелік програмних запитань.

*Основні задачі, що стоять перед студентом при вивченні навчальної дисципліни*:

- набути знання:

світоглядних проблем дисципліни ПФВ; основних напрямків і перспектив розвитку приладобудування, контрольно-вимірювальної техніки, ПФВ; математичних методів рішення задач зі спеціальності; прийомів самостійної роботи для освоєння змісту дисципліни і вивчення технічної літератури; методів проведення наукових досліджень по ПФВ; методики обрання відповідних ПФВ і математичної обробки отриманих даних на ЦОМ; предмета дисципліни ПФВ та його ролі у кваліфікації спеціаліста;

- набути уміння:

володіти раціональними прийомами пошуку і використання науково-технічної інформації в галузі ПФВ; використовувати сучасну обчислювальну техніку при дослідженні і проектуванні ПФВ; проводити наукові дослідження в галузі ПФВ; виконувати всі необхідні розрахунки при дослідженні і проектуванні ПФВ; самостійно приймати рішення, обирати критерії і методи оптимізації і оптимізувати параметри ПФВ; користуватися сучасним математичним апаратом та ЦОМ при рішенні інженерних задач в галузі ПФВ за профілем спеціальності.

## 1.2. Фактори, що визначають особливу роль ПФВ, як елементів засобів вимірювання

Особлива роль ПФВ, як елементів засобів вимірювань, визначається такими факторами:

1. Точність багатьох засобів вимірювань, що містять первинні вимірювальні перетворювачі або ПФВ, здебільшого визначається точністю саме ПФВ, оскільки вторинні засоби вимірювань досить досконалі. Поліпшення характеристик первинних перетворювачів буде й надалі головною передумовою підвищення точності засобів вимірювань в цілому.

2. Все більшого значення набувають вимірювальні перетворювачі, принципи роботи яких ґрунтуються на нових фізичних явищах. Ці перетворювачі потребують детального вивчення й вдосконалення, зокрема уточнення їх фізичних принципів перетворення, щоб можна було отримати найбільш вірогідне рівняння перетворення і сконструювати ПФВ з кращими метрологічними та технічними характеристиками.

## 1.3. Зв'язок ПФВ і різних галузей науки та техніки

Розвиток вимірювальної техніки (і зокрема ПФВ) у значній мірі визначається досягненнями в галузі фізики, хімії та інших наук. У свою чергу, досягнення згаданих наук залежать від досконалості технічних засобів проведення наукових експериментів, тобто від досконалості ПФВ.

Розвитку ПФВ сприяли такі досягнення у галузі фізики, як відкриття явищ термоелектрики, надпровідності, ефектів Гаусса і Холла, Джозефсона та Месебауера, ядерного магнітного резонансу, а також досягнення у галузі напівпровідникової електроніки, електрохімії та інших наук.

## 1.4. Найважливіші наукові результати, досягнуті у галузі ПФВ

Енергетичне тлумачення принципу роботи вимірювальних перетворювачів (ПФВ), що базується на двох фундаментальних законах (законі, збереження енергії та принципі оборотності), стало передумовою для створення академіком А.А. Харкевичем основ загальної теорії вимірювальних перетворювачів і представлення цих перетворювачів у вигляді пасивних чотириполюсників зі сторонами різної фізичної природи [70, 71].

Така теорія дає змогу описувати основні властивості перетворювачів, не вдаючись (до певного моменту) до розгляду конкретних перетворювачів.

Розвиток загальної теорії вимірювальних перетворювачів відображено у працях Л.О. Островського [46].

Велику роботу щодо подальшого розвитку питань теорії вимірювальних перетворювачів, систематизації фізичних явищ, що використовуються для створення первинних перетворювачів вимірювальної інформації, проведено групою санкт-петербурзьких вчених – співробітників кафедри інформаційно-вимірювальної техніки Санкт-Петербурзького політехнічного інституту О.М. Туричиним, П.В. Новицьким, О.С. Левшиною, В.С. Гутніковим, С.А. Спектором, В.Г. Кнорингом, Є.А. Кудряшовим та інш. [67].

Фундаментальним дослідженням з питань систематизації перетворювачів фізичних величин, що випускаються промисловістю, є праця Д.І. Агейкіна та співавторів [1].

Проблему машинного синтезу систем корекції вимірювальних перетворювачів вирішено в працях П.М. Таланчука [61].

Важливу роль у розвитку вимірювальних перетворювачів температури відіграли, праці таких учених: О.М. Гордова, М.О. Яришева, механотронних перетворювачів – Г.С. Берліна [8, 9], потенціометричних – А.Т. Бєлевцева [6], оптико-електронних – В.Ф. Бахмутського, М.І. Гореликова, Ю.М. Кузіна [5], п'єзоелектричних – Р.Г. Джагупова, А.А. Єрофєєва [24], індукційних – О.Л. Дорофєєва [25], тензометричних – С.М. Засєдателєва, Л.В. Бєлікова [29].

Узагальнюючими в галузі побудови гальваномагнітних перетворювачів є праці О.К. Хомерики, зокрема [72].

Усе більшого значення набувають питання аналізу і синтезу вимірювальних перетворювачів, розвинуті в працях М.Т. Заріпова, Ю.І. Петрової [28], а також проблеми розвитку нових фізичних принципів і засобів перетворення фізичних величин тощо.

## 1.5. Нові завдання в галузі ПФВ

Сучасний розвиток і вдосконалення ПФВ, системний підхід до проектування цих засобів вимірювань ставлять перед розробниками ПФВ нові завдання. Для їх виконання необхідно:

1. Уніфікувати й стандартизувати конструкції первинних перетворювачів, узгоджувати основні параметри окремих перетворювачів складних вимірювальних пристроїв і систем, вдосконалюючи методи корекції їх характеристик.

2. Застосовувати комплексний підхід до проектування і використання первинних перетворювачів з урахуванням конкретних умов їх експлуатації, спираючись на конструктивні, технологічні та структурні методи поліпшення їх характеристик.

3. Встановлювати залежності між метрологічними характеристиками та конструктивними параметрами перетворювача для визначення оптимальних значень останніх.

## 1.6. Місце ПФВ (вимірювального перетворювача) у складі сучасних засобів вимірювання

Сучасна вимірювальна техніка дає змогу отримувати, передавати, перетворювати, зберігати контрольну інформацію, порівнювати контрольну та програмну інформацію, а також формувати командну інформацію для впливу на процес, яким керують.

Засіб вимірювань, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, доступній для безпосереднього сприймання спостерігачем, називають приладом [39].

Прилади є поєднанням найпростіших функціональних комірок – елементів і пристроїв, що виконують одну або декілька операцій з сигналами, які проходять через вимірювальну частину.

Елемент засобу вимірювань, в якому відбувається одне з ряду перетворень величини, називають перетворюючим елементом засобу вимірювань. Перетворюючий елемент не завжди конструктивно виділений, тобто один елемент конструкції засобу вимірювань може містити два і більше перетворюючі елементи, які утворюють ПФВ.

Перетворюючі елементи, які виконують однакові функції, тобто однакові операції з сигналами, можуть мати найрізноманітніші принципи дії. Цим зумовлюється пошук найкращих розв'язків кожної конкретної задачі зі створення новітніх засобів вимірювань.

## 1.7. Види перетворень, що виконуються в приладах

Вимірювальну інформацію подають в формі сигналів. Під сигналом вимірювальної інформації розуміють сигнал, функціонально пов'язаний з фізичною величиною, що вимірюється, тобто мають на увазі умовну зміну дійсного (довжина, форма, колір тощо) або енергетичного (струм, напруга, тиск) параметра, однозначно пов'язану з інформацією, що сприймається або передається. В автоматичних пристроях в якості сигналів здебільшого використовують енергетичні параметри, оскільки їх легко генерувати, формувати, передавати та перетворювати.

## 1.8. Сигнали вимірювальної інформації

Як сигнали застосовуються такі параметри:

1) в разі використання електричної енергії – сила струму, напруга, амплітуда, тривалість імпульсу, частота і т. ін.;

2) в разі використання енергії стисненого газу – величина тиску, потоку газу;

3) в разі використання енергії рідини під тиском – величина тиску, потоку рідини;

4) в разі використання механічної енергії – величина сили (моменту), переміщення (лінійного або кутового), швидкості (лінійної або кутової) тощо.

## 1.9. Види операцій, що виконуються з сигналами вимірювальної інформації

У процесі роботи вимірювального кола приладу або автоматичного пристрою з сигналами вимірювальної інформації в загальному випадку потрібно виконати такі операції:

1) отримати сигнал, однозначно пов'язаний з інформацією про параметр, що контролюється;

2) перетворити сигнал за родом енергії (наприклад, механічний сигнал в електричний);

3) перетворити сигнал за видом (наприклад, безперервний сигнал в імпульсний тощо);

4) перетворити сигнал за величиною (підсилити);

5) перетворити сигнал за функціональною залежністю між вхідними та вихідними сигналами;

6) порівняти сигнали;

7) розподілити сигнали за різними шляхами;

8) забезпечити зберігання сигналів та їх використання для впливу на процес, яким керують.

## 1.10. Основні питання аналізу та синтезу приладів

Проблема вдосконалення приладів, тобто поліпшення їх точнісних характеристик, підвищення надійності тощо, тісно пов'язана з розв'язанням питань аналізу та синтезу приладів.

Під аналізом розуміють комплексні всебічні дослідження приладу, в результаті яких визначаються його основні характеристики за даних умов експлуатації. Синтез – це створення нових приладів, що мають наперед задані характеристики.

Основні етапи синтезу:

1) вибір методу вимірювання;

2) розробка структурної схеми;

3) знаходження характеристик ланок (ПФВ) і порівняння їх з потрібними характеристиками для визначення похибок;

4) визначення характеристик і похибок приладу в цілому на основі перетворення структурної схеми.

Отже, один з головних етапів під час розробки приладу – це розрахунок характеристик ПФВ і обґрунтування їх вибору.

## 1.11. Контрольні питання до розділу 1

1.Які параметри застосовуються як сигнали вимірювальної інформації?

2. Які операції виконують в загальному випадку з сигналами вимірювальної інформації?

3. Що розуміють під сигналом вимірювальної інформації?

4. Дайте визначення перетворюючому елементу засобів вимірювань.

5. Що таке синтез і аналіз приладів?