

Тема 1.4 Вибір елементів систем автоматизації

1. Особливості вибору елементів систем автоматизації с/г ВП
2. Вибір елементів в схемах автоматичного керування
3. Вибір нестандартних елементів схеми керування

1. Особливості вибору елементів систем автоматизації с/г ВП

Елементи автоматизації серійно виготовляються промисловістю і можуть бути вибрані по відповідних каталогах, в ряді практичних випадків приходиться робити перевіірні розрахунки деяких з них.

Проте для контролю різноманітних параметрів, специфічно властивих сільському господарству, ще не розроблені в достатній мірі датчики й, частково, виконавчі органи. До таких параметрів відносяться численні неелектричні величини, які характеризують або ТП, або якість с/г продукції (наприклад, вміст жиру, білку, кислот і солей в молоці, ступінь свіжості м'яса і яєць, вміст вологи, білку і крохмалу в зерні і т.д.). Крім того, с/г виробництву необхідна велика кількість спеціальних датчиків для контролю і управління фізіологічними процесами життєдіяльності тварин і рослин.

Сприймаючі органи систем автоматизації в більшій степені, ніж будь-які інші, піддаються як впливам навколишнього середовища (широкий діапазон зміни температури і вологості, агресивні гази, сонячна радіація, корозія і т.д.), так і шкідливим впливам зі сторони автоматизуємого об'єкта (вібрація, поштовхи, термічні і механічні перевантаження, електромагнітні поля і т.д.).

Що стосується решти засобів, то вони в меншій степені відчують специфіку с/г технології і можуть бути вибрані по відповідних довідниках, призначених для загальної промислової автоматики. В спеціальній літературі приводяться приклади їх розрахунку і вибору.

Вибір датчиків

При виборі датчика потрібно враховувати його чутливість, похибку, інерційність.

Чутливість – відношення зміни вихідної величини $\Delta X_{\text{вих}}$ до зміни вхідної величини $\Delta X_{\text{вх}}$ елемента.:

$$K = \Delta X_{\text{вих}} / \Delta X_{\text{вх}}$$

Похибка датчика – різниця між вимірним і дійсним значенням регульованої величини:

$$\Delta X_{\text{вих}} = X_{\text{вих}} - X_{\text{вих, дійсне}}$$

Відносна похибка:

$$\delta = (\Delta X_{\text{вих}} / X_{\text{вих, дійсне}}) * 100\%$$

З поняттям інерційності датчика найчастіше пов'язують уявлення про деяке запізнення вимірювання значення регульованої величини в певний момент часу. Вимога допустимої інерційності датчика полягає у встановленні допустимого запізнення вимірювання регульованого параметру, що в кожному окремому випадку визначається характером Тп, який підлягає регулюванню.

Вибір реле автоматики

Реле автоматики характеризуються параметрами й часом спрацювання і відпускання та коефіцієнтами повернення і керування.

Параметром спрацювання $X_{\text{спр}}$ називають значення вхідної величини, при досягненні якої реле спрацює.

Параметр відпускання $X_{\text{відп}}$ – це значення вхідної величини, при якому відбувається повернення реле у вихідне положення.

Коефіцієнт повернення – це відношення параметру відпускання до параметру спрацювання:

$$K_{\text{п}} = X_{\text{відп}} / X_{\text{спр}} < 1$$

Коефіцієнт керування (або коефіцієнт підсилення) показує, у скільки разів вихідна потужність $P_{\text{к}}$ у керованому колі більша за потужність $P_{\text{р}}$, що споживається котушкою реле:

$$K_{\text{к}} = P_{\text{к}} / P_{\text{р}}$$

Тривалість спрацювання – це проміжок часу від подачі на вхід сигналу, що дорівнює (або більший) параметру спрацювання до замикання (або розмикання) керованого кола. За тривалістю спрацювання розрізняють нормальні, швидкодіючі, сповільнені реле і реле часу.

нормальні	$t_{сп} = 50 - 150 \text{ мс}$
швидкодіючі	$t_{сп} < 50 \text{ мс}$
сповільнені	$t_{сп} = 0,15 - 1 \text{ с}$
реле часу	$t_{сп} > 1 \text{ с}$

Тривалість відпускання – проміжок часу від подачі на вхід сигналу, який дорівнює (або менший) параметру відпускання) до розмикання (або замикання) керованого кола.

Вибір виконавчих механізмів.

Із всіх типів виконавчих механізмів найбільше поширення одержали електричні, гідравлічні і пневматичні. Електричні представляють собою електромагніти різних конструкцій або електричні двигуни, які використовуються в тих випадках, коли рух регулюючого органу повинен бути плавним і при цьому він може займати любое проміжне положення.

Виконавчі органи порівнюють між собою по різних параметрах: по діапазону вихідних потужностей і регулювання швидкості, по коефіцієнту підсилення і максимальній швидкості обертання, по надійності і к.к.д.

Найбільш широкий діапазон потужностей (від 0,01 до 1000 кВт) і сама велика швидкість обертання (до 20000 об/хв.) в електричних ВМ. В той же час в них малий діапазон регулювання швидкості (не більше 1:20) і відносно мала надійність, особливо в ВМ з двигунами постійного струму. На порядок вищий діапазон регулювання швидкостей і надійність пневматичних, а особливо гідравлічних ВМ. Але вони мають вихідну потужність порядку 0,1-100 кВт)

Електричним ВМ характерні універсальність, просте з'єднання з регулятором і об'єктом управління та інші переваги, які визначають їх широке застосування в системах автоматизації.

Вибір підсилювачів

Основний показник підсилювача – коефіцієнт підсилення за потужністю, тобто відношення потужності на вході підсилювача до потужності на його виході:

$$K_p = P_{\text{вих}} / P_{\text{вх}}$$

Вибір типу підсилювача для АСУ залежить від конкретних умов його застосування, а також від техніко-економічних показників, їх налагодження та експлуатації.

Основні параметри деяких типів підсилювачів

Тип підсилювача	Коефіцієнт підсилення за потужністю, K_p	Стала часу, с
Електромашинний	$10^3 - 10^4$	$1 - 10^{-2}$
Магнітний	$10^3 - 10^6$	$1 - 10^{-2}$
Електронний	$10^2 - 10^{12}$	$10^{-4} - 10^{-8}$

Вибір стабілізаторів

Точність стабілізації визначається коефіцієнтом стабілізації, який показує в скільки разів відносна зміна вхідної напруги більша відносної зміни вихідної (стабілізованої) напруги при постійному навантаженні:

$$S = \frac{\Delta U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}}}{\Delta U_{\text{вих}} / U_{\text{вих}}} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} \frac{d U_{\text{вх}}}{d U_{\text{вих}}}$$

Стабілізатори також характеризуються вихідним опором при постійній напрузі на вході:

$$R_{\text{вих}} = d U_{\text{вих}} / d I_{\text{вих}}$$

коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.)

$$\eta = U_{\text{вих}} I_{\text{вих}} / U_{\text{вх}} I_{\text{вх}}$$

2. Вибір елементів в схемах автоматичного керування

Крім захисних апаратів, в схемах автоматизації, як правило, є багато інших елементів: датчиків, проміжних реле, реле часу, перемикачів, кнопок керування, сигнальних пристроїв тощо.

Командні апарати призначені для створення первинних імпульсів (команд) на вмикання, вимикання та зміни режимів роботи електроустановок. До них належать кнопки керування, універсальні перемикачі, шляхові та кінцеві вимикачі, поплавкові, манометричні, температурні та інші реле, контактні термометри тощо.

Кнопки керування вибирають залежно від струму, напруги, способу монтажу і ступеня захисту від навколишнього середовища, кількості керуючих елементів, кліматичних умов та категорії розміщення.

Умови вибору кнопки:

$$U_{н.к.} \geq U_p,$$

$$I_{н.к.} \geq I_p,$$

де $U_{н.к.}$ - номінальна напруга кнопки;

$I_{н.к.}$ - номінальний струм кнопки.

Технічні дані кнопкових постів наведені в додатку.

Наприклад, для схеми керування асинхронним двигуном треба вибрати кнопки керування та кінцевий вимикач, якщо тип електромагнітного пускача в схемі - ПМЛ-521002.

EMBED PBrush

Визначаємо струм у колі керування

$$I = = 1,73 \text{ A.}$$

де $S_{кот} = 380 \text{ В А}$ - потужність, яку споживає котушка під час вмикання.

Вибираємо кнопковий пост ПKE-712-2У3 з двома кнопками «Пуск» і «Зупинка», для монтажу на рівній поверхні, другої категорії розміщення, для помірного клімату.

При напрузі 380 В $I_n = 2 \text{ А} > 1,73 \text{ А}$.

Аналогічно вибирають **кінцевий вимикач**.

Наприклад. Вимикач типу ВПК21106У2 - з базовим кріпленням і нарізним вводом, виконання IP67, кількість контактів - один замикаючий і один розмикаючий, з прямим штовхачем, другої категорії розміщення, для помірного клімату.

$$I_n = 5,5 \text{ А при напрузі } 380 \text{ В, } 5,5 \text{ А} > 1,73 \text{ А.}$$

Реле напруги вибирають за виконанням, напругою котушки, кількістю контактів; також необхідно, щоб струм, який можуть розмикати контакти (струм комутації), був більшим від робочого струму:

$$I_{ком} \geq I_{роб.}$$

Треба з усіх можливих типів вибрати те реле, яке споживає найменшу потужність. Технічні дані реле наведені в додатку.

Реле часу вибирають за витримкою часу. Витримка часу визначається технологією виробництва і, залежно від її величини, вибирають тип реле часу, а вже потім реле вибирають за напругою живлення, виконанням, кількістю контактів, програм тощо. Звичайно потрібно, щоб виконувалась вимога:

$$I_{ком} \geq I_{роб.}$$

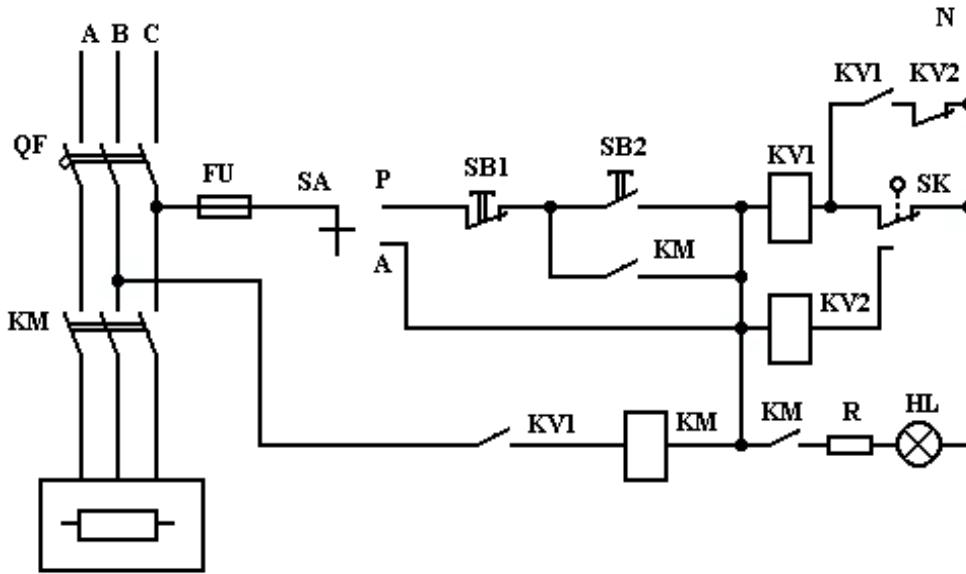
Технічні дані реле часу наведені в додатку.

Первинні перетворювачі, датчики тиску, вологості, температури та інші вибирають залежно від параметрів контрольованої величини, при цьому необхідно враховувати похибку і границі вимірюваної величини. Датчик вибирають так, щоб вимірювана величина була розташована в межах 1/3-2/3 діапазону його вимірювань. Технічні дані датчиків наведені в додатках.

Наприклад, для схеми керування водонагрівачем потужністю 12кВт треба вибрати проміжне реле напруги та апарат контролю температури, якщо вода нагрівається до 70°C.

Визначаємо робочий струм

$$I_{роб} = \frac{P}{\sqrt{3} U_{л}} = \frac{12 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 18,23 \text{ A.}$$



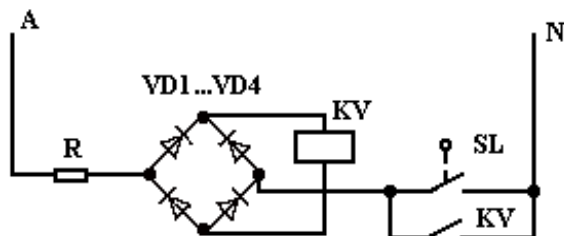
Вибираємо електроконтактний термометр ЭКТ-1-0/100 з границями вимірювання температури 0-100°C (додаток). Похибка при вимірюванні $\pm 2,5\%$ від діапазону шкали, тобто $\pm 2,5^\circ\text{C}$, що прийнятне для технологічного процесу. Розривна потужність контактів 5 В А. Безпосередньо вмикати контакти термометра в коло котушки пускача неможливо, бо $S_{кот}=115 \text{ В А}$, що значно більше 5 В А (розривної потужності контактів термометра). Для управління котушкою пускача вибираємо реле напруги МКУ-48, $U_{кот}=220\text{В}$, $S_{кот}=5 \text{ В А}$, що дорівнює розривній потужності контактів термометра (додаток).

Розривна потужність контактів реле МКУ-48 дорівнює 500 В А при напрузі 220В, що більше $S_{кот}=115 \text{ В А}$ потужності котушки пускача.

3.Вибір нестандартних елементів схеми керування

До нестандартних елементів слід відносити ті елементи, які можуть бути використані тільки в даній конкретній схемі керування. Це блоки живлення, випрямлячі напруги, додаткові опори тощо.

Приклад 1. Для фрагменту електричної схеми з датчиком рівня води вибрати додаткові опори та діоди.



Вибираємо реле РП23 з робочою напругою $U_p=48 \text{ В}$, потужність котушки реле $P_p=6 \text{ Вт}$ (додаток 9). Обчислюємо опір обмотки реле

$$R_p = \frac{U_p^2}{P_p} = \frac{48^2}{6} = 384 \text{ Ом.}$$

Обчислюємо струм в котушці реле

$$I_p = \frac{U_p}{R_p} = \frac{48}{384} = 0,125 \text{ А.}$$

Цей струм візьмемо за розрахунковий.

Приступаємо до розрахунку малопотужного випрямляча. Обчислюємо спочатку величину струму, який протікає через діоди містка

$$I_d = 0,5 K I_p,$$

де K - коефіцієнт, який залежить від струму навантаження

Таблиця

Сила струму, А :	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Коефіцієнт K :	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8

$$\text{Тоді } I_d = 0,5 * 2,35 * 0,125 = 0,147 \text{ А}$$

Обчислюємо зворотну напругу, яка буде прикладена до діода випрямляча

$$U_{zv} = 1,5 U_p = 1,5 * 48 = 72 \text{ В.}$$

Вибираємо діоди Д7В, в яких значення випрямленого струму і зворотної напруги більші від розрахункових:

$$I_{max} = 0,3 \text{ А,}$$

$$U_{zv.max} = 150 \text{ В.}$$

Тепер вибираємо додатковий опір.

При замкнутих контактах датчика рівня води одержуємо послідовний ланцюг електричного струму. Обчислюємо опір послідовного кола

$$R_{заг} = R_{SL} + R_p + R_d,$$

де R_{SL} - опір датчика рівня води, який дорівнює

$$R_{SL} = \rho \cdot \frac{L}{S},$$

де ρ - питомий опір води, $\rho = 20 \text{ Ом м}$;

L - відстань між електродами датчика, $l = 1 \text{ см}$;

S - площа поверхні контактів датчика рівня, яка дорівнює

$$S = (\pi d^2 * 4) / h,$$

де d - діаметр електрода датчика, $d = 1,2 \text{ см}$;

h - висота датчика, $h = 8 \text{ см}$.

$$S = (\pi * 1,2^2 / 4) * 8 = 9 \text{ см}^2;$$

$$R_{SL} = 20 * 1 * 10^{-2} / 9 * 10^{-4} = 222 \text{ Ом.}$$

З іншого боку загальний опір послідовного кола

$$R_{заг} = U / I_p = 220 / 0,125 = 1760 \text{ Ом.}$$

Тепер можна підрахувати додатковий опір

$$R_d = R_{заг} - R_p - R_{SL},$$

$$R_d = 1760 - 384 - 222 = 1154 \text{ Ом.}$$

Потужність розсіювання резистора

$$P = I^2 R_d = 0,125^2 * 1154 = 18 \text{ Вт.}$$

Вибір резисторів проводять згідно з такими умовами:

$$1. U_{роб} \leq U_{доп};$$

$$2. U_{роб} \leq U_{доп}$$

$$3. ;$$

$$4. .$$

Вибираємо резистор ПЭВ-20 з $U_{доп} = 650 \text{ В}$, $R_n = 1,2 \text{ кОм}$.

Перевіримо вибраний резистор.

Обчислюємо спад напруги на резисторі:

$$U_{роб} = U - I_p (R_{SL} + R_p) = 220 - 0,125 * (224 + 384) = 145 \text{ В.}$$

Умови вибору:

$$1. 145 \text{ В} < 155 \text{ В};$$

$$2. 145 \text{ В} < 650 \text{ В};$$

$$3. 0,125 \text{ А} < 0,129 \text{ А};$$

$$4. 0,125 \text{ А} < 0,54 \text{ А.}$$

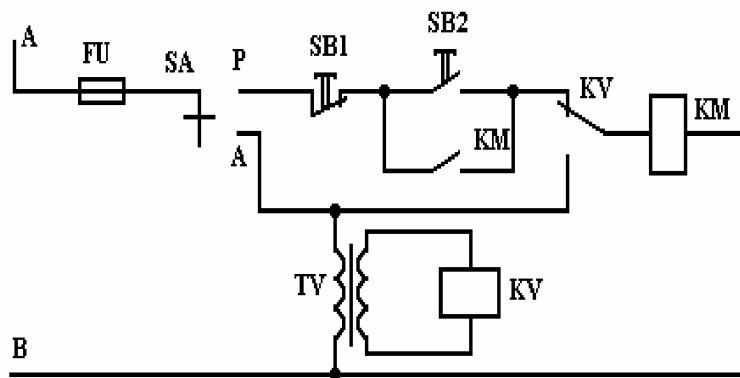
Отже, умови виконуються.

Нижче наведені основні технічні дані деяких резисторів.

Тип	$R_{ном}$, Вт	$U_{доп}$, В	Діапазон номіналів
BC-0,125	0,125	150	10 Ом...1 МОм
BC-0,25	0,25	350	27 Ом...2 МОм
BC-0,50	0,50	500	27 Ом...10 МОм

BC-1,0	1,0	700	Те ж
BC-2,0	2,0	1000	Те ж
BC-5,0	5,0		150047 Ом...10 МОм
BC-10	10,0	3000	Те ж
МЛТ-0,125	0,125		20051 Ом...2,2 МОм
МЛТ-0,25	0,25		25051 Ом...3,0 МОм
МЛТ-0,5	0,5		350100 Ом...5,1 МОм
МЛТ-1,0	1,0		500100 Ом...10 МОм
МЛТ-2,0	2,0	750	Те ж
ПЭВ-7,5	7,5		1501 Ом...3,3 кОм
ПЭВ-10	10,0		2501,8 Ом...10 кОм
ПЭВ-15	15,0		5003,9 Ом...15 кОм
ПЭВ-20	20,0		6504,7 Ом...20 кОм
ПЭВ-25	25,0		75010 Ом...24 кОм
ПЭВ-50	50,0		150018 Ом...51 кОм
ПЭВ-100	100,0		250047 Ом...56 кОм

Приклад2. Для живлення котушки реле в схемі керування установки УВС-16А (установки для досушування сіна) потрібно розрахувати трансформатор TV. Тип реле ПЭ-1 з $U_{\text{кот}} = 36 \text{ В}$, $P_{\text{кот}} = 3,5 \text{ В А}$.



Обчислюємо силу струму вторинної обмотки трансформатора

$$I = S_{\text{кот}} / U_{\text{кот}} = 3,5 / 36 = 0,097 \text{ А.}$$

Повна потужність вторинної обмотки трансформатора

$$S_2 = 3,5 \text{ В А.}$$

Активна потужність вторинної обмотки трансформатора

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 = 3,5 * 0,8 = 2,6 \text{ Вт.}$$

Потужність первинної обмотки

$$P_1 = 1,25 P_2 = 1,25 * 2,6 = 3,5 \text{ Вт.}$$

Площа поперечного перерізу сердечника магнітопровода

$$F = 1,3 P_1 = 1,3 * 3,5 = 2,45 \text{ см}^2,$$

Приймаємо $F = 2,5 \text{ см}^2$.

Обчислюємо кількість витків первинної і вторинної обмоток

$$\omega_1 = 50 U_1 / F = 7600 ;$$

$$\omega_2 = 50 U_2 / F = 720.$$

Обчислюємо струм первинної обмотки

$$I_1 = I_2 / K,$$

де K - коефіцієнт трансформації,

$$K = \omega_1 / \omega_2 = 10,55,$$

$$I_1 = 0,097 / 10,55 = 0,0092 \text{ А.}$$

Приймаємо густину струму $j = 2 \text{ А/мм}^2$ і обчислюємо діаметри проводів первинної і вторинної обмоток

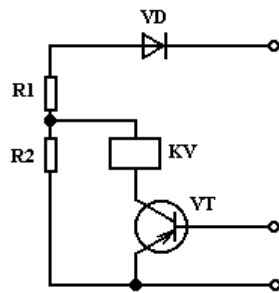
$$d_1 = 0,08 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_1 = 0,1 \text{ мм.}$

$$d_2 = 0,24 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_2 = 0,25$ мм.

Приклад 3. Для вузла схеми фотореле підібрати резистори R_1 і R_2 . Напруга мережі 220 В. Транзистор типу МП-40 А. Максимальна напруга в колі колектор-емітор 30 В. Реле типу РЭС-22 з $R_p = 650$ Ом, $I_{спр} = 19$ мА.



Знаходимо середнє значення випрямленої напруги

$$U_B = 0,45 U_{BX} = 0,45 * 220 = 99 \text{ В.}$$

Отже необхідно розрахувати подільник напруги.

Під час розрахунку виходять з того, що при ненавантаженому стані через подільник напруги повинен протікати струм по величині не більший двох значень струму транзистора.

Визначаємо суму опорів

$$R_1 + R_2 = = = 1980 \text{ Ом.}$$

Якщо прийmemo $R_1 = 1,1$ кОм, то

$$R_2 = 1980 - 1100 = 880 \text{ Ом.}$$

Приймаємо $R_2 = 1$ кОм.

Обчислюємо напругу на виході навантаженого подільника

$$U_{\text{вих}} = = = 26,1 \text{ В.}$$

Навантаженням подільника є реле і транзистор. Спад напруги на відкритому транзисторі $U=1$ В. Напруга на котушці реле дорівнює $U_p = U_2 - U = 26,1 - 1 = 25,1$ В.

Обчислюємо робочий струм реле

$$I_p = = = 38,6 \text{ мА.}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу

$$K_3 = = = 2,03, \text{ що більше ніж } 1,5.$$

Реле буде працювати надійно.

Потужність, споживана обмоткою

$$P_p = U_p^2 / R_p = 25,1^2 / 650 = 0,96 \text{ Вт.}$$

При тривалому режимі роботи потужність обмотки не повинна перевищувати 2Вт

Для вибору резисторів визначимо потужність розсіювання, тобто потужність, що нагріває резистори

$$P_1 = I_{\text{доп}}^2 R_1 = (50 * 10^{-3})^2 * 1000 = 2,5 \text{ Вт,}$$

$$P_2 = I_{\text{доп}}^2 R_2 = (50 * 10^{-3})^2 * 1100 = 2,75 \text{ Вт.}$$

Вибираємо резистори

$$R_1 - \text{ ВС-5, } P_H=5 \text{ Вт, } U_{\text{доп}}=1500 \text{ В, } R_H=1 \text{ кОм;}$$

$$R_2 - \text{ ВС-5, } P_H=5 \text{ Вт, } U_{\text{доп}}=1500 \text{ В, } R_H=1,1 \text{ кОм.}$$