## Лабораторно-практичне заняття №12 від 22.09.21 ауд 15 13:30-14:50

## 3.10. Розрахунок лінійних ПП. Приклад розрахунку

Лінійним ПП (ЛПП) називається перетворювач з лінійним розподілом опору вздовж каркаса потенціометра, тобто такий, що має лінійну статичну характеристику в режимі холостого ходу.

Розглянемо схему, зображену на рис. 3.12.



Рис. 3.12. Схема ПП для його розрахунку

Нехай задано вихідні параметри для розрахунку: напругу живлення *U* і максимальний кут повороту движка (щітки) *ϕ*max.

Кут обмотки ПП *ϕ*об має задовольняти співвідношенню *ϕ*об > 2*ϕ*max. Для ПП з лінійним переміщенням движка *l* > 2х*.*

Чутливість ПП з кутовим переміщенням движка . Для ПП з лінійним переміщенням движка , звідки можна отримати значення крутості характеристики ПП. Опір обмотки ПП



де *ρ* – питомий опір проводу обмотки. Ом⋅мм2/м; *lω* –середня довжина одного витка, мм; *ω* – число витків обмотки на каркасі;   
*q –* площа поперечного перерізу проводу обмотки, мм2.

Враховуючи, що число витків обмотки



де *l* – довжина обмотки на каркасі по дузі каркаса або по робочій доріжці, мм (рис. 3.13); *d*із – діаметр обмотувального проводу з ізоляцією, мм, дістаємо формулу для визначення опору обмотки у вигляді:





Рис. 3.13. Довжина обмотки на каркасі ПП

Довжину обмотки на каркасі по дузі каркаса або по робочій доріжці можна знайти з пропорції



де *r –* радіус кривини каркаса або робочий радіус движка, мм,

****

Тоді вираз для опору обмотки ПП запишемо у вигляді

****

Для каркаса ПП прямокутного перерізу (рис. 3.14) середня довжина одного витка



де *h* – висота каркаса; *b –* товщина каркаса.

Для струму *U/R,* який проходить через ПП, необхідно виконати співвідношення (*U*/*R*) << *I*доп, де *I*доп – максимально допустимий струм з точки зору нагрівання обмотки; Iдоп = *qδ*, де *δ –* густина струму, А/мм2.

Тоді  або 



Рис. 3.14. Середня довжина одного витка

Враховуючи вираз для розрахунку опору, маємо:



Здобутий вираз є основним розрахунковим співвідношенням для ПП.

Матеріал проводу, а, отже, і *ρ*, вибирають згідно з призначенням і загальними умовами роботи ПП.

Допустиму густину струму δ вибирають залежно від матеріалу каркасу, умов теплообміну. На практиці густина струму *δ* = 5...30 А/мм2. За умови відомого перерізу обмотувального дроту допустима густина струму визначається силою допустимого струму.

В свою чергу допустимий струм можна знайти з умови забезпечення правильного теплообміну (виключення перегріву ПП):



де *μ* – коефіцієнт тепловіддачі (звичайно перебуває в межах 0,12…0,14 Вт/(дм3⋅°С); *S* – площа поверхні охолодження ПП, дм2; *t*max *nn –* максимально допустима температура для даної конструкції ПП; *t*max *нс* – максимальна температура навколишнього середовища.

З метою зменшення моменту зворотної дії радіус розточки каркаса (або робочу довжину движка) *r* по змозі слід вибирати малим.

Момент зворотної дії визначається моментом сил сухого тертя:

*,*

де *Р –* сила натягу щітки ПП (величина *Р* коливається від десятих часток грама до декількох грамів); *f* – коефіцієнт сил сухого тертя при русі щітки по обмотці (орієнтовно *f* = 0,2...0,4).

Якщо в якості вихідних будуть задані інші параметри, послідовність розрахунку потрібно змінити.

Як приклад виконаємо розрахунок ПП для сигналізації зміни тиску на 0,1 ат від нормального, що дорівнює 2 ат.

Принципову схему сигналізатора зображено на рис. 3.15. Мембрана використовується як чутливий елемент і дає переміщення движка Δ*l* = 1 мм при зміні тиску на 0,1 ат. ПП працює на поляризоване реле з напругою спрацьовування Δ*U* = 0,5 В. Напруга живлення ПП дорівнює 26 В. Каркас ПП квадратного перерізу (*h = b).* Опір реле *R*н = 5000 Ом.



Рис. 3.15. Потенціометричний перетворювач для сигналізації   
зміни тиску

Оскільки опір реле досить великий і в нормальному стані движок потенціометра перебуває в нульовому положенні, то в розрахунок замість Δ*U* можна підставити безпосередньо напругу спрацьовування реле.

Послідовність розрахунку

1. Вибираємо як обмотувальний провід константан марки Е‑2Н16 з такими характеристиками: *d*із=0,28 мм, *q=*0,0491 мм2,   
*ρ* =0,49 Ом⋅мм2/м, *δ=*3 А/мм2.

2. Загальну довжину обмотки на каркасі по дузі каркаса ПП визначаємо з співвідношення:



Тобто



3. Загальне число витків



4. Загальний опір



5. Середня довжина одного витка може бути знайдена з співвідношення



Тоді



6. Знаючи довжину одного витка *lω ,* потрібні габаритні розміри квадратного перерізу ПП легко визначити з формули



Для прямокутного перерізу каркаса, задавшись однією з величин (наприклад, товщиною *b* каркаса), визначимо інший розмір каркаса *h*.

7. Перевіримо відносну похибку *ξ* в напрузі, яка знімається з движка ПП при переміщенні його на 1 мм:



Це цілком допустимо, тим більше, що практично зміна напруги завжди відбувається стрибками при переміщенні движка з витка на виток.

## Початкові дані для виконання розрахунків ЛПП ТЗА

Таблиця 22.1

Вихідні дані та варіанти до розрахунку лінійного   
потенціометричного перетворювача ТЗА

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вихідні | Варіанти до розрахунку потенціометричного перетворювача | | | | | | | | | |
| дані | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| U, В | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| δ, А/мм2 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Δ l, мм | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Δ U, В | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| dиз, мм | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| q, мм2 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 |
| ρ, (Ом ⋅  ⋅ мм2)/м | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |

Номер індивідуального варіанту студента це номер студента по списку групи. Наприклад студент іде по списку 7. У нього варіант7. Студент іде по списку 12. У нього варіант 2.

Для виконання розрахунків лінійного потенціометричного перетворювача ТЗА по індивідуальному варіанту студенту потрібно взяти із наведеної вище таблиці дані свого варіанту і згідно методики, наведеної вище, зробити розрахунки.