## АСИНХРОННІ МАШИНИ

* + - 1. **Загальні відомості**

Асинхронні машини – найбільш поширені електричні машини. Особливо широко вони використовуються як електричні двигуни і є ос- новними перетворювачами електричної енергії на механічну.

Найбільший вклад у створенні асинхронних двигунів зробив М.Й. Доливо-Добровольский. У 1889 році він уперше використав трифа- зний струм для отримання обертового магнітного поля застосував на ста- торі розподілену трифазну обмотку й обмотку ротора у вигляді білячої клітки. Він також запропонував трифазну обмотку ротора, виведену на контактні кільця. і використав для пуску двигуна реостат, підключений до обмотки ротора за допомогою контактних кілець.

Сьогодні асинхронні двигуни споживають понад половину усієї ви- робленої у світі електроенергії і широко застосовуються як електропри- вод більшості виробничих механізмів. Це пояснюється простотою конст- рукції, надійністю і високим значенням ККД таких двигунів, здатністю автоматично змінювати обертальний момент відповідно до змінювання навантажувального моменту на валу, низькою вартістю. Найбільшого поширення здобули асинхронні двигуни номінальною потужністю від 0,75 до 100 кВт. Вони споживають більше 90 % загального споживання електроенергії асинхронними двигунам.

Крім асинхронних двигунів для виробничих механізмів набули ши- рокого поширення і модифікації асинхронних машин, а саме: асинхронні двигуни електропобутових пристроїв, асинхронні виконавчі двигуни, та- хогенератори, сельсини, поворотні трансформатори та ін.

Серед електричних машин асинхронні генератори поширені най- менше. Асинхронні генератори застосовуються в автономних електро- установках, а останнім часом набули поширення в малій енергетиці.

## Паспортні дані асинхронних машин

Кожна асинхронна машина обладнується табличкою номінальних даних, на якій зазначаються:

1) номінальна потужність для двигунів *PN*

нічна потужність на валу двигуна.

у кіловатах (кВт) – меха-

Номінальна повна потужність для генераторів *SN*

у кіловольт-

4. АСИНХРОННІ МАШИНИ

## 4.4. Конструкція асинхронних машин

Асинхронні двигуни є найпоширенішими серед асинхронних ма- шин, тому конструкція їх розглядається на прикладі асинхронного дви- гуна найбільш поширеного виконання (рис. 4.2).

Обертальний момент асинхронного двигуна передається за допомо- гою вала *1*, який встановлюється в підшипниках *2*, розташованих з обох боків вала. Зовнішніми обоймами підшипники кріпляться в підшипни- кових щитах *3*, які забезпечують горизонтальне розташування осі вала за допомогою спеціального кріплення в корпусі статора *5*.

Для підведення живлення до двигуна на корпусі статора розташо- вується коробка виведень *4*. В корпусі статора закріплюється осердя ста- тора *6* з обмоткою *10*. На вал напресовується осердя ротора *7* з обмоткою

*8*. Для охолодження двигуна використовуються лопатки на роторі 9 та вентилятор зовнішнього обдування *11*, який обов’язково закривається захисним кожухом *12*. Корпус статора забезпечується ребрами охоло- дження *13*. До фундаменту асинхронний двигун кріпиться за допомогою лап *14*.

Залежно від конструкції ротора асинхронні двигуни поділяються на асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором та асинхронні двигуни з фазним ротором.

*14*

*13*

*14*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *4* | *5* | *6 7* | *8* | *9* | *10 11* | *12* |
| *3* |  |  |  |  |  |  |
| *2* |  |  |  |  |  | *2* |
| *1* |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 4.2 – Асинхронний двигун з оребреним корпусом та зовнішнім повітряним охолодженням за допомогою вентилятора

192

4. АСИНХРОННІ МАШИНИ

 *U s*

 *Z*  

*Z* 2

 *U s* .

*c*  *Z s*  *c*2  *Z* *rs*

(4.90)

*Z s*  1   *s*   *Z* '

 1   *s* 

 *Z m* 

*rs*  *Z m* 

За рівняннями (4.86), (4.89), (4.90) будується Г-подібна схема за-

міщення асинхронної машини (рис. 4.18, 4.19). Г-подібна схема заміщення має дві вітки:

1. вітку намагнічування з опорами

*Rs* ,

*X* *s* ,

*Rm* ,

*X m* , по яких проті-

кає струм ідеального неробочого ходу

*I soo* ;

1. робочу вітку з опорами

*c*  *R* , *c*  *X* , *c*2  *R* ,

*c*2  *X*  , *c*2  *R*  1  *s* ,

*s* *s r*

*r r s*

по яких протікає струм зведеної обмотки ротора  *I* **** *r* . Різниця між струмами реального неробочого ходу

*I so*

та ідеального

неробочого ходу

*I soo* , які протікають по вітках намагнічування Т-подібної

та Г-подібної схем заміщення, відповідно, обумовлює різницю між стру-

мами

*I* *r*

і *I* **** *r* . Але різниця між струмами дуже мала.

Через те що активні опори *Rs*

і *Rm*

набагато менші за індуктивні

опори

*X* *s* і

*X m* , коефіцієнт *с* можна виражати через індуктивні опори:

*c*  1  *Z s*

*Z m*

 1 

*X* *s* . (4.91)

*Xm*

Для асинхронних машин величина опору

*X m*  (20–50) *X* *s* . Тому ко-

ефіцієнт *с*  1,02–1,05. На практиці для інженерних розрахунків іноді

приймають *c*  1.

*c*  *Z s*

*I s*

*U s*

*Z*

*s*

 *I* **** *r*

*I soo*

*Z m*

*c*2  *Z* *rs*

*c*  *Rs*

*c*  *X* *s*

*c*2  *Rr*

*c*2  *X*  *r*

Рисунок 4.18 – Згорнута Г-подібна схема заміщення асинхронної машини

Рисунок 4.19 – Розгорнута Г-подібна схема заміщення асинхронної машини

*I s*

 *I* ''

*r*

*U*

*Rs*

*X* *s*

*s*

*Rm*

*I*

*c*2  *R* 

 *r*

*soo*

*Xm*

1  *s*

*s*

210

4. АСИНХРОННІ МАШИНИ

Отже, співвідношення

*Qs*  *Qr*

категорично неприпустиме. Практи-

кою проектування встановлені рекомендовані співвідношення між кіль-

костями пазів статора *Qs* та ротора *Qr* , які наводяться в посібниках з про-

ектування асинхронних машин.

## 4.16. Робочі характеристики асинхронних двигунів

Робочими характеристиками асинхронного двигуна є залежності ковзання *s*, частоти обертання *n*, обертального моменту на валу *M* , стру-

му статора

*I s* , коефіцієнта потужності

cos*s* , вхідної потужності

*Pin* , ККД

 від вихідної потужності *P* при незмінних і номінальних вхідній напрузі

*UsN*

та частоті живильної мережі

*f sN* . Робочі характеристики показують

як змінюються експлуатаційні величини двигуна при збільшенні наван-

таження від неробочого ходу ( *P*  0 ) до номінального режиму *P*  *PN*

(рис. 4.30).

1. *Залежності s**P* і

*n*

*o*

*Pin*

*n*



*Pino*

*I so*

*so*

*I s*

*M*

*s*

*P*

0,75*PN PN*

*n**P*

пов’язані одна з одною через (4.1).

Для асинхронних двигунів загальнопромислового призна- чення номінальне ковзання

*sN*  0,005–0,05 (більші значення

Рисунок 4.30 – Робочі характеристики асинхронного двигуна

ковзання відповідають двигунам меншої потужності).

При неробочому ході ков- зання *so* відмінно від нуля, але

значно менше за ковзання

*sN* . Зі

збільшенням навантаження, тобто потужності *P* , ковзання зростає, тому

частота обертання *n* буде спадати, але з урахуванням величини *sN*

цей

спад буде незначним, тому залежність *n**P* є жорсткою.

1. *Залежність M* *P* визначається за (4.108). Зважаючи на пряму

пропорційність між кутовою частотою  та частотою обертання *n*, а та-

кож на незначний спад частоти обертання *n*, характеристика *M* *P* є

майже лінійною.

При збільшенні навантаження на валу при незмінних напрузі *Us* та

4. АСИНХРОННІ МАШИНИ

мережі. Асинхронні генератори порівняно з синхронними мають дуже велику потужність збудження: 20–40 % проти 1 % від номінальної потуж- ності. Це означає, що якби на електростанції встановити три асинхронні

генератори однакової потужності зі струмом

*I so*

 30 % *I sN* , то для збу-

дження цих генераторів необхідний один синхронний генератор, який буде постачати реактивну потужність асинхронним генераторам. При цьому потужність синхронного генератора буде дорівнювати потужності одного асинхронного генератора.

Через такий недолік асинхронні генератори при паралельній роботі з мережею нескінченної потужності майже не застосовуються. Але сього- дні поширюється застосування асинхронних генераторів в вітроенерге- тиці та мікрогідроенергетиці в поєднанні з напівпровідниковими пере- творювачами частоти та напруги, які забезпечують і напруги та частоти

Асинхронні двигуни у складі електроприводів вантажопідіймаль- них механізмів можуть під час роботи потрапляти до генераторного ре- жиму. Тоді вони є асинхронними генераторами, які працюють пара- лельно з мережею. У цьому випадку генераторний режим є допоміжним.

## Контрольні запитання

1. Де застосовуються асинхронні машини?
2. Що зазначається на табличці номінальних даних асинхронної машини?
3. В чому полягає принцип дії асинхронного двигуна?
4. В яких межах змінюється ковзання та частота обертання асинх- ронної машини залежно від режиму роботи?
5. З яких частин складається асинхронна машина?
6. Для чого застосовується зведення обмотки ротора до обмотки статора асинхронної машини?
7. Які умови зведення обмотки ротора до обмотки статора в асинх- ронній машині?
8. З якою частотою обертаються МРС обмоток статора і ротора при нерухомому та обертовому роторі?
9. Як визначається струм неробочого ходу асинхронної машини?
10. Наведіть системи рівнянь напруг для фазних обмоток статора і ротора, схеми зміщення та векторні діаграми при нерухомому та оберто- вому роторі.

4. АСИНХРОННІ МАШИНИ

1. Де використовуються індукційний та фазовий регулятори?
2. Яким за величиною повинно бути ковзання асинхронного двигуна для отримання якнайбільшого ККД в номінальному режимі?
3. Які втрати потужності існують в асинхронній машині?
4. Як визначається ККД асинхронних двигуна та генератора?
5. Охарактеризуйте елементи Т- та Г-подібних схем заміщення асинхронної машини?
6. Наведіть загальну формулу електромагнітного моменту елект- ричної машини змінного струму.
7. Які характерні точки мають механічна (внутрішня) та механічна характеристики асинхронної машини?
8. Які величини визначають максимальний, пусковий моменти та критичне ковзання?
9. Коли виникають асинхронні та синхронні електромагнітні мо- менти від вищих гармонік МРС?
10. Поясніть робочі характеристики асинхронного двигуна.
11. Порівняйте способи пуску асинхронних двигунів.
12. Для чого застосовуються глибокопазні двигуни та двигуни з по- двійною кліткою?
13. Порівняйте способи регулювання частоти обертання асинхрон- них двигунів.
14. Що впливає на величину критичного ковзання та максимально- го моменту асинхронного двигуна?
15. Коли застосовуються закони частотного регулювання асинхрон- них двигунів?
16. Як здійснюється пуск однофазних асинхронних двигунів?
17. Як отримується механічна характеристика однофазного асинх- ронного двигуна?
18. Які особливості конструкції та характеристик має конденсатор- ний асинхронний двигун?
19. В яких випадках застосовуються гальмові режими асинхронних двигунів?
20. Наведіть рівняння МРС, струмів та напруг асинхронного генера-

тора.

1. Як відбувається самозбудження асинхронного генератора?
2. Наведіть зовнішню характеристику асинхронного генератора

при автономному навантаженні.