

УДК 621.317.7

ПОХИБКИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЛІЧИЛЬНИКОМ ІЗ ГАЛЬМОМ ДИСКА

*Стрижак В.Д., к.т.н., доц., Донченко Р.М., ас., Лугова О.В., доц.
Кременчуцький державний політехнічний університет ім. М.В. Остроградського
Україна, 39614, Полтавська обл., м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20
E-mail: ke@polytech.poltava.ua*

В данной статье показано, что в неподвижном диске индукционного счетчика сопротивление диска неоднородно по всей площади диска и зависит от температуры части диска, а это приводит к неравномерностям электромагнитного поля, сопротивления и оборотов диска при выходе счетчика из режима стопора.

Ключевые слова: индукционный счетчик, диск, температура, сопротивление.

In the given paper is shown, that in an immovable induction meter disc the disc resistance is heterogeneous across its area and depends on the temperature of a part of the disc which results in unevenness of electromagnetic field, resistance and disc revolutions when the meter quits the detent mode.

Key words: induction meter, disc, temperature, resistance.

Вступ. Для обліку електричної енергії в лініях з реверсивним напрямком руху енергії застосовують два лічильника з гальмом диска [1, 2]. Один лічильник обліковує електричну енергію направлену з електромережі, другий лічильник обліковує електроенергію, що віддається в мережу. Для досягнення цього схема збирається так, що струми в послідовних обмотках лічильників напрямлені зустрічно, і обидва лічильники мають спеціальні додаткові пристрої – гальма диска, які виключають можливість обертання диска в зворотному напрямку.

При русі електричної енергії з мережі перший лічильник працює нормально, а диск другого лічильника залишається нерухомим (загальмованим). При віддачі електроенергії в мережу працювати буде другий лічильник, а перший буде в нерухомому стані. Показання кожного лічильника відповідають кількості енергії, що проходить через лічильник у відповідному напрямку.

Мета роботи. Аналіз основних факторів, що впливають на похибку обліку електричної енергії індукційного лічильника з гальмом диска.

Матеріал і результати дослідження. Залежно від напрямку руху енергії в реверсивній лінії один із лічильників знаходиться у загальмованому стані (диск не обертається). Такий режим роботи лічильника значно відрізняється від нормального режиму і тому потребує більш детального дослідження.

Взаємодія магнітного поля, створеного послідовними і паралельними обмотками індукційного лічильника, з вихровими струмами у нерухомому диску викликає електродинамічні зусилля (ЕДЗ), розподілені в об'ємі диска. Ці зусилля викликають вібрацію диска, що може призвести до його деформації.

В основі механізму створення ЕДЗ лежить взаємодія магнітних полів, що перетинають нерухомий диск, з останнім.

Об'ємна густина сили f_V , яка діє на нерухомий диск, дорівнює векторному добутку густини струму J і індукції магнітного поля B [3]:

$$f_V = JB. \quad (1)$$

Повну силу f , що діє на диск, визначаємо інтегруванням f_V по об'єму V :

$$f = \int_V f_V dV. \quad (2)$$

У диску лічильника вихрові струми мають рівномірну густину. Тому силу, що діє на диск, можна визначити середньою по перетину диска індукцією B_{cp} :

$$f = iB_{cp}. \quad (3)$$

Вихрові струми в диску можна вважати розподіленими по його поверхні у вигляді шару з настилом i' . При цьому поверхнева густина сили дорівнює:

$$f_0 = i'B', \quad (4)$$

де B' – середнє зі значень B із обох боків струмового шару диска.

Одною з величин, від якої залежить обертовий момент рухомої частини індукційного лічильника, є опір диска, що в свою чергу залежить від температури.

Основною особливістю електромагнітного поля є виділення теплоти в середовищі, яке перетинається цим полем, у даному випадку – диску.

Таким чином, диск індукційного лічильника перебуває під дією електромагнітного і теплового полів.

При наскрізному нагріванні диска лічильника розподілення температури по колу диска визначається майже повністю тепловим режимом. Причому, температура загального диска буде не однакою по колу.

Та частина диска (рис. 1), яка знаходиться безпосередньо під полюсами магнітопроводів, буде мати температуру вищу, ніж та, що знаходиться між полюсами [3].

Для двоелементного трифазного індукційного лічильника температура по колу загальмованого диска змінюється за косинусоїдним законом:

$$T = T_{cp} \cos\left(8 \frac{l}{D}\right), \quad (5)$$

де l – довжина по колу диска від точки відліку, тобто від точки, що знаходиться між полюсами одного із магнітопроводів;

D – діаметр диска лічильника;

T_{cp} – середнє значення температури частини кола диска лічильника, що проходить між полюсами магнітопроводів:

$$T_{cp} = \frac{T_{max} - T_{min}}{2}, \quad (6)$$

де T_{max} – максимальна температура частини загальмованого диска, що знаходиться під полюсами магнітопроводів;

T_{min} – мінімальна температура частини загальмованого диска, що знаходиться між полюсами магнітопроводів.

Зі зміною температури диска лічильника змінюється його провідність:

$$g = \frac{g_0 \delta \cdot 10^3}{2\pi [1 + \alpha(T_{cp} - T_0)]} \left(\ln \frac{R_d}{R_0} + 0,5 \right), \quad (7)$$

де g_0 – питома провідність матеріалу диска, м/(мм·Ом);

δ – товщина диска лічильника, мм;

R_d – радіус диска, см;

R_0 – середній радіус кола диска, що безпосередньо проходить під полюсами, см;

α – температурний коефіцієнт матеріалу диска;

T_{cp} – середня температура диска;

T_0 – початкова температура диска (до гальмування);

Провідність диска лічильника суттєво впливає на обертовий момент лічильника, а отже і на похибку обліку електроенергії. Обертовий момент індукційного лічильника визначається за формулою [4]:

$$M_{об} = k \delta f_m g \Phi_I \Phi_U \sin \Psi, \quad (8)$$

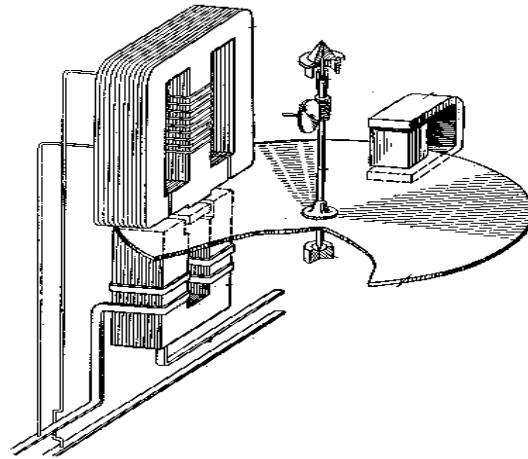


Рисунок 1 – Принциповий устрій вимірювальної системи лічильника електроенергії

де k – стала, яка визначається розміщенням полюсів лічильника;

f_m – частота змінного струму мережі;

Φ_I, Φ_U – максимальні робочі магнітні потоки послідовної і паралельної обмоток лічильника;

Ψ – кут зсуву між Φ_I та Φ_U .

Із підвищенням температури диска лічильника його провідність зменшується (7), а це призводить до зменшення обертового моменту рухомою частиною лічильника при переході його з режиму гальмування в нормальний режим роботи.

Крім того, при цьому обертовий момент при сталому навантаженні буде не сталим в часі протягом одного оберту диска, а буде змінним до тих пір, доки температура диска по всьому його колу, що проходить між полюсами магнітопроводів, не стане однаковою.

Висновки. Індукційні лічильники з гальмом диска мають додатковий фактор, що впливає на їхню похибку обліку електричної енергії – нерівномірність температурного поля диска при переході його з режиму гальмування в нормальний режим роботи. Ця нерівномірність веде до нерівномірності магнітного поля, створеного струмами трансформації, а, отже, і до нерівномірності обертового моменту і швидкості диска.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Головкин П.И. Энергосистема и потребители электрической энергии. – М.: Энергия, 1979.
2. Правила пользования электрической и тепловой энергией. – М.: Энергия, 1977.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1973.
4. Илюкович А.И. Электрические счетчики. – М.: Госэнергоиздат, 1963.

Стаття надійшла 16.05.2007 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Чорний О.П.