

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПРИ АСИМЕТРІЇ НАПРУГИ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ КОМБІНОВАНОГО ЗАХИСТУ

Л. Г. Халіман, студент

Д. М. Нестерчук, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена дослідженню механізму розвитку пошкодження ізоляції обмоток асинхронних електродвигунів при асиметрії напруги, обґрунтована структура пристрою комбінованого захисту. Практичне впровадження пристрою дозволить підвищити експлуатаційну надійність трифазних асинхронних електродвигунів приводу робочих машин технологічних ліній.

Ключові слова: пристрій захисту, експлуатаційна надійність, асинхронний електродвигун, асиметрія напруги.

Постановка проблеми. Перетворення електричної енергії в механічну за допомогою трифазних асинхронних електродвигунів (АД) дозволяє легко і економічно вигідно приводити в рух різноманітні робочі машини та механізми технологічних ліній. Завдяки простоті конструкції, високій надійності і невисокої вартості асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором є найпоширенішим електродвигуном. Відмова АД може призвести до зупинки технологічної машини та механізму, тому то надійність експлуатації АД є чинником безаварійної роботи виробничих процесів. Одним зі шляхів скорочення браку продукції в промисловому та агропромисловому виробництві та підвищення надійності обладнання є прогнозування, моніторинг найбільш розповсюджених несправностей та захист АД в процесі експлуатації

Аналіз результатів останніх досліджень. Щоб правильно захистити електродвигуни, необхідно знати причини їх відмов. Аналіз літературних джерел [1...4] показав, що причинами основних аварійних режимів є: обрив фази – 40...50%, гальмування ротору – 20...25%, технологічні перевантаження – 8...10%, зниження опору ізоляції – 10...15%, порушення охолодження – 8...10%.

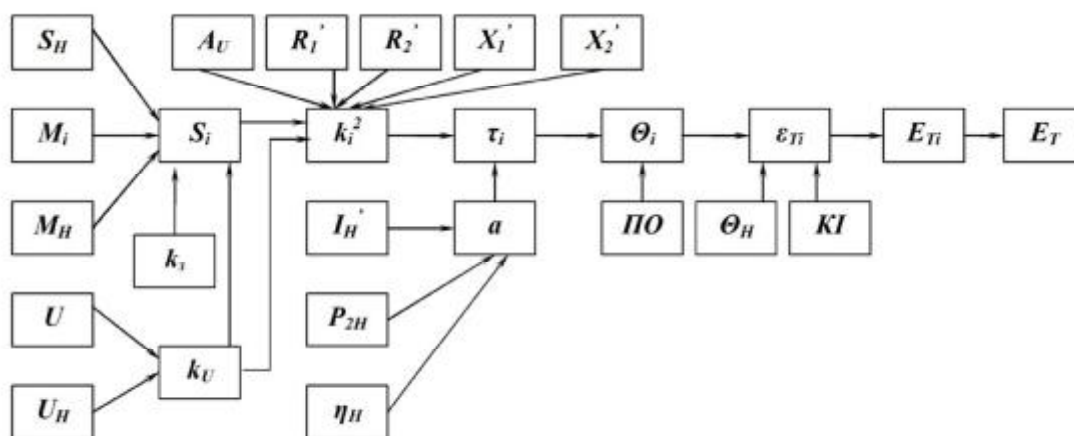
Внаслідок актуальності проблеми захисту АД від аварійних режимів було запропоновано багато пристроїв діагностування і захисту, а саме, теплові, струмові, температурні, фільтрові і комбіновані пристрої. Всі вони класифікуються за параметром, які контролюють відповідні аварійні режими. В теплових пристроях контролюється кількість теплоти, яка виділяється в нагрівальних елементах, що ввімкнені послідовно з фазами статора, в струмових – значення сили струму в обмотці статора, в температурних – температура обмоток, у фільтрових – значення сили струму або напруги прямої, зворотної або нульової послідовності, а в комбінованих – кілька перелічених параметрів контролю одночасно [2, 3].

Вважаємо, що перевага належить комбіно-

ваним пристроям моніторингу та захисту асинхронних електродвигунів. На сучасному етапі розвитку електроніки та мікропроцесорної техніки стає можливим вирішити питання експлуатаційної надійності шляхом обґрунтування структури комбінованого пристрою захисту асинхронних електродвигунів.

За результатами аналізу літературних джерел [1, 2] була розроблена структурна схема розвитку процесів зношування ізоляції АД під дією асиметрії напруги з урахуванням коефіцієнту завантаження, яка наведена на рисунку 1.

Аналіз структурної схеми розвитку процесів показав залежність поточного ковзання електродвигуна від коефіцієнта завантаження, що призводить до зміни квадрату кратності струму, який споживає електродвигун, по відношенню до номінального значення струму. На величину квадрату кратності струму впливає напруга, що подається, його асиметрія та параметри схеми заміщення. Зміна квадрату кратності струму викликає зміну перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища. На перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища впливає також й коефіцієнт втрат АД, сама температура навколишнього середовища, еквівалента постійна часу нагрівання електродвигуна, час дії навантаження, температурний коефіцієнт опору матеріалу провідників обмотки, розрахункова температура обмотки та номінальне перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища. До зміни перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища призводить зміна умов охолодження. В залежності від різниці температури обмотки і температури навколишнього середовища змінюється температура обмотки, яка викликає зміну швидкості теплового зносу ізоляції, на яку також впливає й клас ізоляційної конструкції АД. В залежності від часу дії навантаження та швидкості теплового зношування ізоляції змінюється і витрата ресурсу ізоляції, яка впливає на сумарне теплове зношування ізоляції [1, 2].



U, U_n - фактична та номінальна напруга на затискачах АД;
 M_i, M_n - фактичний та номінальний моменти, що розвиваються АД;
 A_U - асиметрія напруги на затискачах електродвигуна;
 S_i, S_n - фактичне та номінальне ковзання електродвигуна;
 k_U - кратність напруги на затискачах електродвигуна;
 R_1', R_2', X_1', X_2' - параметри Г-образної схеми заміщення АД;
 k_i^2 - квадрат кратності струму по відношенню його номінального значення;
 I_n' - номінальний струм кола Г-образної схеми заміщення електродвигуна;
 P_{2n} - номінальна потужність електродвигуна;
 η_n - номінальний ККД електродвигуна;
 k_3 - коефіцієнт навантаження;

τ_i - фактичне перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища;
 a - відношення постійних втрат до змінних втрат при номінальному режимі роботи електродвигуна;
 Θ_i - фактична температура обмотки електродвигуна;
 $ПО$ - погіршення охолодження електродвигуна;
 Θ_n - номінальна температура обмотки;
 ϵ_n - фактична швидкість теплового зношування ізоляції;
 KI - клас ізоляції;
 E_{Ti} - теплове зношування ізоляції електродвигуна за час дії навантаження i -ї величини;
 E_T - сумарне теплове зношування ізоляції з початку експлуатації електродвигуна

Рисунок 1 – Структурна схема розвитку процесів зношування ізоляції АД під дією асиметрії напруги з урахуванням коефіцієнту навантаження

Мета досліджень. Мета дослідження – це дослідження механізму розвитку пошкодження ізоляції обмоток АД під дією асиметрії напруги, обґрунтування структури пристрою комбінованого захисту трифазних асинхронних електродвигунів приводу робочих машин технологічних ліній.

Результати досліджень. Аналіз відмов трифазних асинхронних електродвигунів показує, що найбільш розповсюдженими причинами є: коротке замикання в обмотці, обрив фази, заклинювання в підшипникових вузлах ротора або виконавчого механізму, технологічні перевантаження, погіршення охолодження, зниження опору нижче допустимого значення, асиметрія напруги живлення.

Усі аварійні режими роботи АД супроводжуються перевищенням температури в обмотці статора. При нагріванні в ізоляції здійснюються незворотні фізико-хімічні процеси, які призводять до її старіння, тобто поступовій втраті механічної міцності та ізолюючих властивостей. Одними з найбільш небезпечними аварійними режимами є асиметричні та неповно фазні режими, які виникають при спотворенні симетрії напруги мережі, при асиметричній схемі з'єднання обмоток АД, при нерівномірному розподіленні навантаження по фазам за рахунок однофазних споживачів, при обриві однієї з фаз [6].

Аналіз літературних джерел [1, 2, 7] показав, що температура АД залежить від коефіцієнта навантаження та коефіцієнта асиметрії. Якщо АД

знаходиться недовантаженому стані, його температура не досягла критичної, тоді електродвигун може залишитись в роботі. Відключення АД потребується лише тоді, коли температура досягне критичної, а її подальша експлуатація може привести як до зупинки технологічного процесу, так й до виходу АД з ладу.

Відомо, що при несиметричній напрузі діють струми прямої та зворотної послідовності, як наслідок створюються магнітні потоки, які обертаються в протилежні сторони та створюють моменти. Магнітний потік прямої послідовності створює рушійний момент, а магнітний потік зворотної послідовності – гальмівний момент. Для кожного з обертових магнітних полів рівняння механічних характеристик мають вигляд [1, 7]

$$M_{np} = \frac{2M_{np.sp.}(1+e)}{\frac{s}{s_{cp}} + \frac{s_{cp}}{s} + 2e}; \quad (1)$$

$$M_{ze} = \frac{2M_{ze.sp.}(1+e)}{\frac{2-s}{s_{cp}} + \frac{s_{cp}}{2-s} + 2e}, \quad (2)$$

де M_{np} , M_{ze} - рушійний момент від магнітного потоку прямої послідовності та гальмівний момент від магнітного потоку від зворотної відповідно, Н·м;

$M_{np.sp.}$, $M_{ze.sp.}$ – граничні моменти прямої та зворотної послідовності, Н·м;

s – ковзання електродвигуна;

s_{ep} – граничне ковзання електродвигуна;
 ϵ – коефіцієнт, який дорівнює

$$e = s_n \frac{R_1'}{R_2'} \quad (3)$$

де s_n – номінальне ковзання електродвигуна;

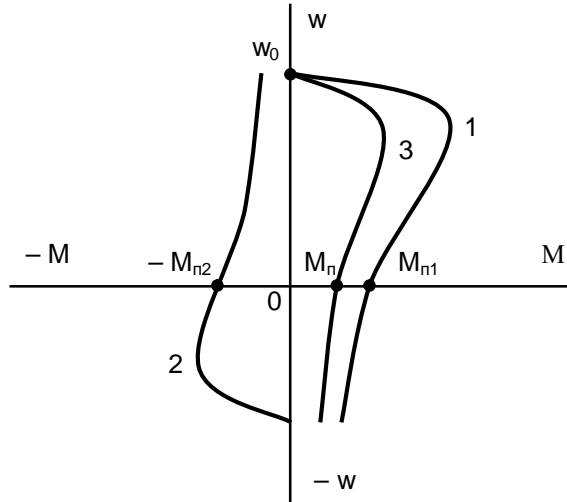


Рисунок 2 – Механічні характеристики електродвигуна: 1 – від дії струмів прямої послідовності; 2 – від дії струмів зворотної послідовності; 3 – результуюча характеристика

Після лінеаризації механічної характеристики, яка створена зворотним магнітним потоком, з урахуванням подібних трикутників отримуємо

$$\frac{w_0 - w}{w_0} = \frac{M_2}{M_{n2}} \quad (4)$$

$$M_{n2} = M_n \frac{\epsilon U_2^2}{\epsilon U_n^2} \quad (5)$$

$$\frac{U_2}{U_n} = \frac{E_2}{E_n} \quad (6)$$

де M_n – пусковий момент електродвигуна, Нжм;
 U_2 – діюче значення напруги симетричної

R_1', R_2'' – параметри схеми заміщення електродвигуна, Ом.

Розглянемо механічні характеристики електродвигуна на робочій ділянці - рисунки 2 та 3 [1, 7].

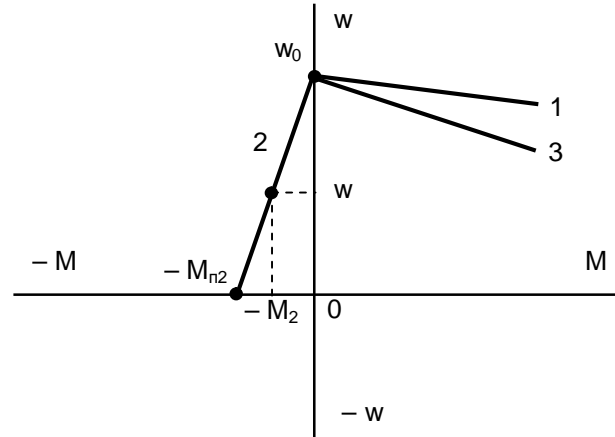


Рисунок 3 – Механічні характеристики електродвигуна на робочій ділянці

складової зворотної послідовності, В;

U_n – номінальна фазна напруга, В;

M_{n2} – пусковий момент, який створюється зворотним магнітним потоком, Нжм.

$$M_{n2} = M_n \times k_{u2}^2 \times s \quad (7)$$

Пусковий момент, який створюється прямим магнітним потоком, визначається за виразом

$$M_{n1} = M_n \times k_{u1}^2 \times \frac{s}{s_n} \quad (8)$$

Результуючий момент визначається за виразом

$$M = M_{n1} - M_{n2} = \frac{\epsilon k_{u1}^2 \times M_n}{s_n} - M_n k_{u2}^2 \times s \quad (9)$$

$$\frac{\epsilon k_{u1}^2 \times M_n}{s} - M_n \times k_{u2}^2 \times s = M_0 + (k_3 M_n - M_0) \times \frac{\epsilon (1 - s) \ddot{\phi}^x}{\epsilon (1 - s_n) \ddot{\phi}^x} \quad (10)$$

$$\frac{\epsilon k_{u1}^2}{s_n} - m_n \times k_{u2}^2 \times s = m_0 + (k_3 - m_0) \times \frac{\epsilon (1 - s) \ddot{\phi}^x}{\epsilon (1 - s_n) \ddot{\phi}^x} \quad (11)$$

Після проміжних перетворень отримані залежності ковзання від напруги прямої та зворотної послідовності k_{u1} та k_{u2} та коефіцієнта завантаження k_3 для різних видів механічної характеристики [7]

- для незалежної механічної характеристики ($x=0$)

$$s = \frac{k_3}{k_{u1}^2 - m_n k_{u2}^2 s_n} \times s_n \quad (12)$$

- для механічної характеристики, що лінійно збільшується ($x=1$)

$$s = \frac{k_3 - m_0 s_H}{(1 - s_H) \left(\frac{2}{\sigma} k_{u1}^2 - m_n k_{u2}^2 \frac{\ddot{\theta}}{\theta} + k_3 - m_0 \right)} \quad (13)$$

- для параболічної механічної характеристики ($x=2$)

$$s = \frac{(2 \times (k_3 - m_0) - (1 - s_H)^2) \pm \sqrt{(-2 \times (k_3 - m_0) - (1 - s_H))^2 - 4 \times (k_3 - m_0) \times [m_0 \times (1 - s_H)^2 + (k_3 - m_0)]}}{2 \times (k_3 - m_0)} \quad (14)$$

Таким чином, при асиметрії напруги ковзання електродвигуна залежить від кратності напруги прямої та зворотної послідовності (k_{u1} и k_{u2}), кратності пускового моменту m_n , номінального ковзання АД (s_H), від коефіцієнта завантаження (k_3) та від відносного моменту рушання робочої машини (m_0).

В таблиці 1 наведені розрахункові дані згідно формули (12) для асинхронного електродвигуна з незалежною механічною характеристикою.

На рисунку 2 наведена графічна залежність ковзання АД з незалежною механічною характеристикою від коефіцієнту завантаження.

В таблиці 2 також наведені розрахункові дані згідно формули (14) для асинхронного електродвигуна параболічною механічною характеристикою ($x=2$).

На рисунку 3 наведена графічна залежність ковзання АД з параболічною механічною характеристикою від коефіцієнту завантаження.

Таблиця 2 Розрахункові дані згідно формул (12) та (14)

Асинхронний електродвигун $P_H=1,1$ кВт; $n_H = 1395$ об/хв; $s_H = 0,07$; $x=0$		Асинхронний електродвигун $P_H=0,37$ кВт; $n_H = 1320$ об/хв; $s_H = 0,12$; $x=2$; $m_0 = 0,3$	
k_3	s	k_3	s
0,3	0,02279	-	-
0,35	0,026591	0,35	0,046723
0,4	0,03039	0,4	0,054129
0,45	0,034189	0,45	0,061313
0,5	0,037988	0,5	0,068285
0,55	0,041785	0,55	0,075057
0,6	0,045585	0,6	0,08164
0,65	0,049384	0,65	0,088044
0,7	0,053183	0,7	0,094277
0,75	0,056981	0,75	0,100347
0,8	0,06078	0,8	0,106262
0,85	0,064579	0,85	0,112029
0,9	0,068378	0,9	0,117656
0,95	0,072176	0,95	0,123147
1,0	0,075975	1,0	0,12851

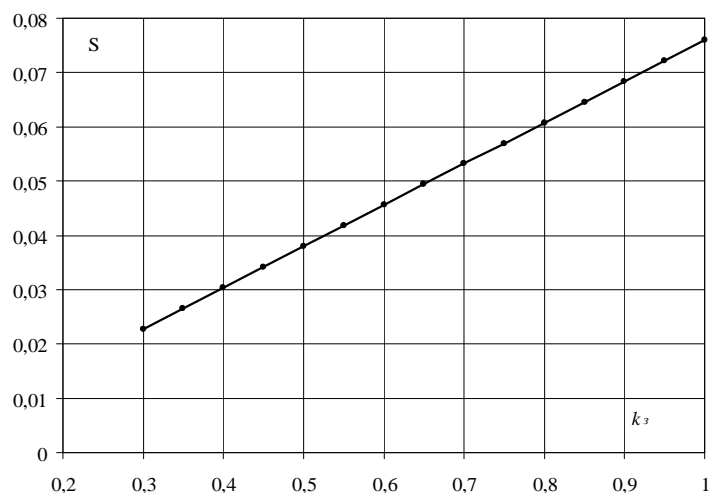


Рисунок 2 - Графічна залежність ковзання АД від коефіцієнту завантаження при ($x=0$)

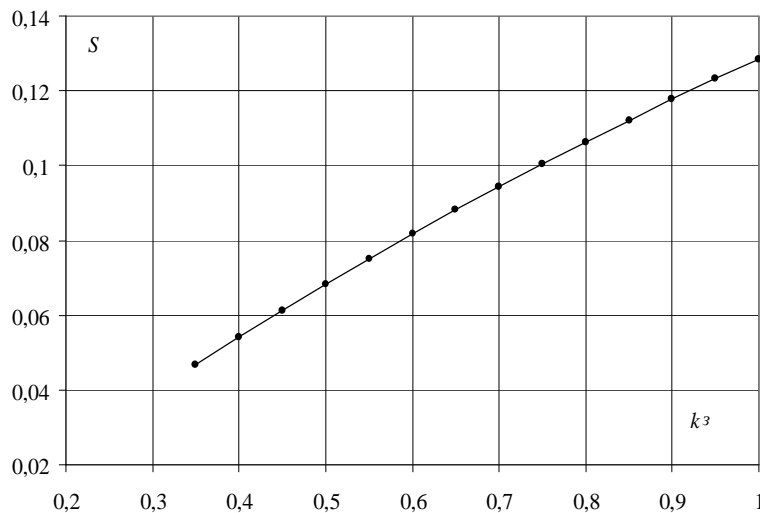


Рисунок 3 - Графічна залежність ковзання АД від коефіцієнту завантаження при ($x=2$)

За результатами теоретичних досліджень в роботі було прийняте рішення обґрунтувати структуру пристрою комбінованого захисту трифазних асинхронних електродвигунів та описати

його принцип дії.

На рисунку 4 наведена схема електрична структурна пристрою комбінованого захисту АД [6].

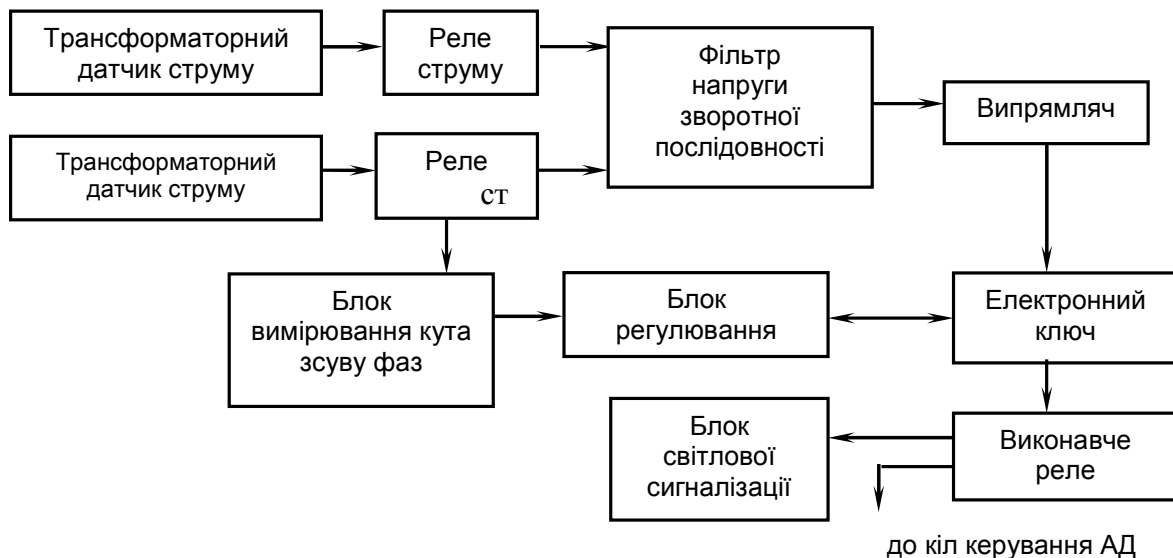


Рисунок 4 - Схема електрична структурна пристрою комбінованого захисту АД

Пристрій складається з двох датчиків струму трансформаторного типу, з двох реле струму, з фільтра напруги зворотної послідовності (ФНЗП), з випрямляча, з електронного ключа на базі аналога динистора, з виконавчого реле, з блоку світлової сигналізації, з блоку вимірювання кута зсуву фаз та з блоку регулювання на базі оптопар.

Пристрій працює таким чином. Трансформаторні датчики струму фіксують величини фазного струму, при цьому величина вторинного струму трансформаторів недостатня для спрацювання геконових реле струму.

При симетричній напрузі живлення на виході фільтра напруги зворотної послідовності існує напруга небалансу, але величина цієї на-

пруги недостатня для відкриття електронного ключа на базі аналога динистора, тому то змін в роботі пристрою не виникає.

Тривала несиметрія напруги живлення при такій самій потужності призводить до збільшення напруги на виході ФНЗП. З витримкою часу спрацьовує електронний ключ на базі аналога динистора та виконавче реле, контакти якого розмикаються у колі живлення котушки магнітного пускача, що призводить до зупинки АД.

Для АД, які здійснюють електропривід робочих машин з вентиляційною механічною характеристикою, при виникненні несиметричного режиму із-за зменшення ковзання виникає зменшення споживаної потужності при зменшенні коефіцієнту завантаження.

Тому то такі АД можуть тривало працювати з іншим, більш високим значенням коефіцієнта асиметрії. В пристрої ця проблема вирішується за допомогою збільшення напруги спрацювання аналога динистора.

Так як коефіцієнт завантаження електрод-

вигуна є функцією величини кута зсуву між струмом та напругою, тому то при збільшенні коефіцієнта завантаження збільшується кут зсуву фаз між струмом та напругою.

На рисунку 5 наведена схема електрична принципова пристрою комбінованого захисту АД.

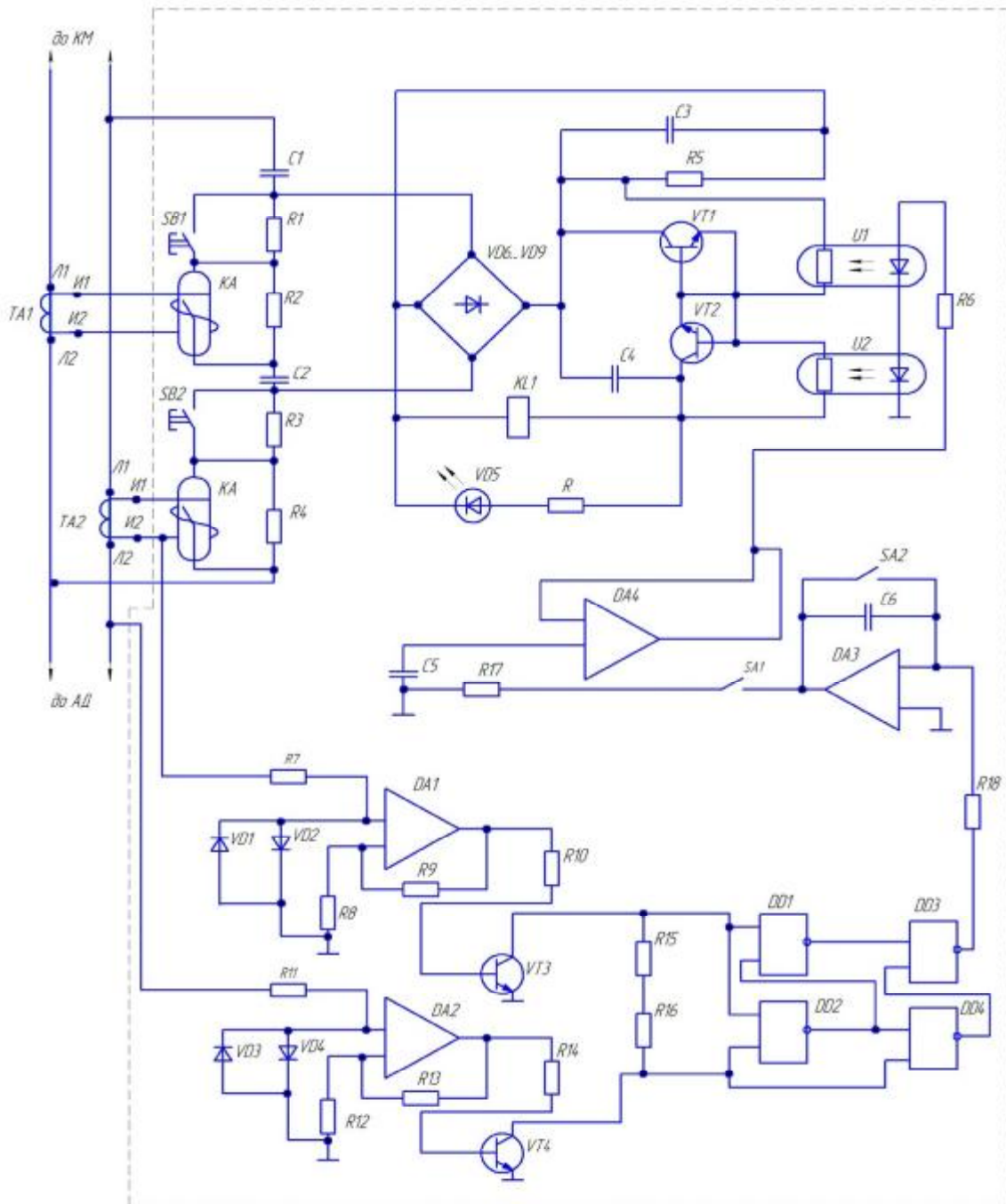


Рисунок 5 - Схема електрична принципова пристрою комбінованого захисту АД

Пристрій працює при зміні кута від 0 до 90° , при цьому блок вимірювання кута зсуву фаз здійснює формування напруги для спрацювання аналога динистора, змінюється у відповідності з коефіцієнтом завантаження АД, тому то пристрій для захисту АД від асиметрії напруги живлення спрацює при іншому, більш високому значенні

коефіцієнта асиметрії, без урахування при цьому хибних спрацювань пристрою при малих завантаженнях.

Вихід блоку вимірювання кута зсуву фаз підключений до світлодіодів оптронів U1 та U2, фоторезистори яких шунтують емітерні переходи транзисторів VT1 та VT2, які утворюють елект-

ронний ключ на базі аналога динистора, шунтування якого здійснює конденсатор С4.

Блок вимірювання кута зсуву фаз складається з двох компараторів DA1 та DA2, з чотирьох елементів 2И-НЕ DD1...DD4, з інтегратора DA4, з аналогової чарунки пам'яті, яка виконана на мікросхемі DA3, конденсаторі С5, резисторі R17 та ключі SA1. Накопичувальний конденсатор С3 через транзистори VT1 та VT2 підключений до виконавчого реле KL1, який керує роботою магнітного пускача KM1, силові контакти якого встановлені в силовому колі керування асинхронним електродвигуном. Після включення магнітного пускача KM1 по силовим колам електродвигуна M1 проходить струм, величину який фіксують трансформаторні датчики TA1, TA2. При цьому величина вторинного струму трансформаторів TA1, TA2 недостатня для замикання геконових реле струму KA1 та KA2 [8].

При симетричній напрузі живлення на виході фільтра напруги зворотної послідовності ФНЗП існує напруга небалансу, до якого заряджається конденсатор С3. Величина цієї напруги недостатня для відкривання електронного ключа на базі аналога динистора, який виконаний на транзисторах VT1 та VT2 різної структури, тому змін в роботі пристрою не виникає.

Тривало несиметрія напруги живлення при такій самій потужності призводить до збільшення напруги на виході фільтра ФНЗП. З витримкою часу конденсатор С4 заряджається до амплітудного значення напруги зворотної послідовності. Як тільки це значення досягне значення напруги спрацювання аналога динистора (транзистори VT1 та VT2), конденсатор С4 розряджається на виконавчий елемент KL1, при цьому заряджається світлодіод HL1. Контакти KL1 виконавчого реле KL1 розмикаються у колі живлення котушки магнітного пускача KM1, що призводить до зупинки АД. Теж саме здійснюється при перевірці роботи пристрою за допомогою кнопок SB3 та SB4.

Для АД, які здійснюють електропривід робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою, при виникненні несиметричного режиму із-за зменшення ковзання виникає зменшення споживаної потужності при зменшенні коефіцієнта завантаження.

Тому то такі АД можуть тривало працювати з іншим, більш високим значенням коефіцієнта несиметрії. В пристрої ця проблема передбачена

за допомогою збільшення напруги спрацювання аналога динистора. Для цього в схемі емітерні переходи транзисторів зашунтовані фоторезисторами оптронів U1 та U2. Опори резисторів змінюється в залежності від коефіцієнта завантаження електродвигуна, який є функцією величини кута зсуву між струмом та напругою. При збільшенні коефіцієнта завантаження збільшується кут зсуву фаз між струмом та напругою. За допомогою компараторів DA1 та DA2 в пристрої утворюються прямокутні імпульси. Логічні елементи 2И-НЕ DD1...DD4 перетворюють два вхідних сигнали в прямокутні імпульси, ширина яких пропорційна куту зсуву фаз між струмом та напругою. За допомогою інтегратора (операційний підсилювач DA3), виникає інтегрування отриманих імпульсів, а аналогова чарунка пам'яті (мікросхема DA3), здійснює зміну напруги.

Пристрій працює при зміні кута від 0 до 90°. Збільшення напруги на виході блоку вимірювання кута зсуву фаз призводить до збільшення потоку освітленості фото резисторів оптронів U1 та U2 та до збільшення напруги спрацювання аналога динистора.

Для виключення хибного спрацювання пристрою при великих швидкостях збільшення напруги аналог динистора зашунтований конденсатором С4. Так як значення граничної напруги аналога динистора змінилось у відповідності з коефіцієнтом завантаження АД, тому то пристрій для захисту АД від несиметрію напруги живлення спрацює при іншому, більш високому значенні коефіцієнта несиметрії, виключаючи при цьому хибні спрацювання пристрою при малих завантаженнях.

Розрахунок показників надійності пристрою згідно літературного джерела [9] показав, що інтенсивність відмов дорівнює 0,000084855 1/год, час роботи до відмови складає 11780 годин, а ймовірність безвідмовної роботи пристрою дорівнює 0,96.

Висновок. Запропонований пристрій комбінованого захисту трифазних асинхронних електродвигунів дозволить здійснювати захист від асиметрії напруги живлення з корекцією установки спрацювання захисту в залежності від коефіцієнту завантаження, що призведе до зменшення витрати на ремонт АД, а також до підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів в процесі експлуатації.

Список використаної літератури:

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. / В.В.Овчаров. – К.: Изд – во УСХА, 1990. – 168 с.
2. Гольдберг О.Д. Надежность электрических машин / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 288 с.
3. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин / Н.Л. Кузнецов – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
4. Оськин С.В. Повышение надёжности электропривода сельскохозяйственных машин / С.В. Оськин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – № 3. – С. 19.

5. Закладний О.М. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний // Промелектро. – 2010. - №4. – С.36 – 40.

6. Нестерчук Д.М. До питання підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів / Д.М. Нестерчук, С.О. Квітка // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві». – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.19-20.

7. Овчаров С.В. Эксплуатационные режимы работы асинхронных электродвигателей поточных технологических линий в условиях агропромышленного комплекса: Дис...канд. техн. наук; 05.09.16 / ХГТУСХ. – Харьков, 2004. – 164 с.

8. Гетманенко В.М. Устройство защиты асинхронного электродвигателя / В.М. Гетманенко, М.А. Иваница// Научный журнал КубГАУ. – 2011. - №73(09). – С.1 – 7.

9. Мартыненко И. И. Проектирование систем автоматики / И.И. Мартыненко, В.Ф. Лысенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.

Халиман Л.Г., Нестерчук Д.М. Исследование состояния изоляции обмоток асинхронного электродвигателя при асимметрии напряжения и разработка устройства комбинированной защиты

Работа посвящена исследованию механизма развития повреждения изоляции обмоток асинхронных электродвигателей при асимметрии напряжения, обоснована структура устройства комбинированной защиты. Практическое внедрение устройства позволит повысить эксплуатационную надежность трехфазных асинхронных электродвигателей привода рабочих машин технологических линий.

Ключевые слова: устройство защиты, эксплуатационная надежность, асинхронный электродвигатель, асимметрия напряжения.

Haliman L.G., Nesterchuk D.M. Study of winding insulation asynchronous motors asymmetry of tension and development unit combined protection

The article is devoted to the study of the mechanism of damage to the insulation of the windings of asynchronous motors with voltage asymmetry, substantiated structure of the device combined protection. The practical implementation of the device will increase the operational reliability of the three-phase asynchronous electric drive working machines production lines.

Keywords: device protection, operational reliability, asynchronous motor, voltage asymmetry.

Стаття надійшла в редакцію: 01.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Ревенко І.І.

УДК 662.756.3

УЛЬТРАЗВУКОВА ОБРОБКА СУМІШЕВОГО БІОДИЗЕЛЯ

І. П. Назаренко,

Р. Р. Кушлик,

Р. В. Кушлик

Таврійський державний агротехнологічний університет

В роботі приведено результати експериментальних досліджень по впливу ультразвукових хвиль на в'язкість і густину сумішевого біодизеля.

Ключеві слова: дизельне паливо, метил ефір ріпакової олії, сумішеві біопалива, в'язкість, густина, тангенс кута діелектричних втрат.

Постановка проблеми. Пошук альтернативних сировинних ресурсів для отримання моторних палив для транспортних дизелів є актуальною проблемою. Найбільш привабливими є палива, одержувані з поновлюваних сировинних ресурсів, зокрема з рослинних масел. Для умов України найбільш підходящою олійною культурою є ріпак. Використання ріпакової олії в якості палива для дизелів ускладнюється відмінностями фізико-хімічних властивостей цього масла від властивостей товарного дизельного палива (ДП),

але й ці суміші за своїми властивостями помітно відрізняються від властивостей ДП. Ці відмінності можуть бути компенсовані шляхом використання багатокомпонентних сумішевих біопалив, що представляють собою суміші традиційного дизельного палива з метил ефіром ріпакової олії (МЕРО). Обробка сумішею ДП і МЕРО ультразвуковими хвилями дозволяє помітно знизити в'язкість сумішевого палива і наблизити її до в'язкості стандартного ДП, а також полегшити проблеми холодного пуску двигуна і закоксованість розпи-