

УДК 621.313

Балабанов І. А.¹, Степанов М. А.², Демченко Т. М.³, Коляда Д. В.³

¹студ. гр. Е-913м НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. Е-213м НУ «Запорізька політехніка»

³студ. гр. Е-212сп НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ НА ІЗОЛЯЦІЮ ОБМОТКИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Асинхронні двигуни (АД) найчастіше застосовуються в промисловості та на транспорті завдяки своїй простоті та надійності. Однак ефективне управління ними є досить складним завданням і вимагає створення спеціальних систем управління. З розвитком силової напівпровідникової та мікропроцесорної техніки стало можливим створення пристрою частотного регулювання електроприводом, що дозволяє точно керувати швидкістю та моментом електродвигуна за заданими параметрами у точній відповідності до характеру навантаження. Спосіб частотного методу регулювання швидкості АД забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість.

Однак застосування частотного керування АД має негативні сторони. Перетворювачі частоти є установки, що містять пристрої силової електроніки з нелінійними вольтамперними характеристиками. Процеси комутації IGBT-транзисторів, що виконують генерацію вихідної частоти, супроводжуються стрибкоподібною зміною параметрів ланцюгів, генеруванням вищих гармонік, призводять до спотворень форм напруги та струму, як у мережі електропостачання, так і в електродвигунах. Висока частота комутації IGBT-транзисторів може бути причиною появи хвиль перенапруги з частотою гармонік до 5 МГц. На таких частотах обмотка статора має вигляд комплексної багатоланкової системи з малим ємнісним опором, що шунтує на «землю». Цей ємнісний шунт є причиною більшості перенапруги, що з'являються в перших витках обмотки і призводять до старіння ізоляції та

скорочення терміну служби. Регулювання вихідної частоти та напруги здійснюється в перетворювачі частоти за рахунок високочастотного широтнімпульсного крування. Отримувана форма кривої вихідної напруги є високочастотною двополярною послідовністю прямокутних імпульсів. При високих (зазвичай 2...15 кГц) тактових частотах ШІМ, в обмотках електродвигуна, внаслідок їх властивостей, що фільтрують, течуть синусоїдальні струми. Однак, прямокутна форма імпульсів напруги і внаслідок цього – крутий фронт напруги з малим часом наростання – також є причиною появи стрибків перенапруг. Ці перенапруги можуть бути достатніми для виникнення часткового розряду або корони в статорній обмотці. У разі під короною розуміються поверхневі розряди в ізоляції обмотки електричної машини. Напруга виникнення корони – це мінімальна прикладена напруга, у якому виникають часткові розряди, тобто. це найнижчий рівень прикладеної напруги, що є причиною іонізації повітря довкола провідників. Бомбардування іонами і, як наслідок, вплив озону призводить до ерозії органічної поверхні діелектрика доти, доки його електрична міцність не стане нижчою за амплітуду перенапруги і тоді відбувається пробій ізоляції. Час до пробою значно зменшується при досягненні напруги, що перевищує початкову напругу корони при робочій температурі. В основному пробою ізоляції відбувається в кінці витка, де дроти різних котушок можуть вступити в контакт.

Існують різні методи вирішення цієї проблеми. Зниження несинусоїдності напруги та струму в мережі проводиться шляхом застосування спеціальних «ненасичуваних» трансформаторів, силових розділових трансформаторів, перетворювачів з високою пульсністю, фільтруючих пристроїв (лінійні дроселі, активні та пасивні фільтри, магнітні синтезатори, активні кондиціонери гармонік). Іншим рішенням є застосування коростійких проводів і просочувальних матеріалів, які раніше використовуються тільки у високовольтних електричних машинах і трансформаторах. При виготовленні високовольтних обмоток широке застосування знаходять дроти з поліімідно-фторопластовою плівковою ізоляцією. Комбінація поліаміду та фторопласту дозволяє створити тонку нагрівальностійку ізоляцію з високим значенням електричної міцності. Наявність фторопласту дозволяє при виготовленні дроту зробити спікання ізоляції. Однак технологія виробництва проводів з плівковою ізоляцією досить трудомістка, і проводи, що отримуються, володіють досить великою товщиною ізоляції і високою вартістю. В даний час перспективним напрямом є використання емальованих обмотувальних проводів короностійкого виконання. Так, наприклад швейцарською компанією VonRoll виробляються спеціальні емальовані дроти круглого та прямокутного перерізів, стійкі до дії часткових розрядів, які застосовуються саме в обмотках низьковольтних електричних машин. Використання таких

дротів дозволяє зменшити товщину ізоляції та таким чином зменшити габарити обмоток. Для поліпшення властивостей системи ізоляції може використовуватися лак КО-916, що застосовується для просочення електричних обмоток машин. Він має високі діелектричні характеристики і короностійкість, що практично не змінюються під впливом високої температури.