**Зіновкін Володимир Васильович. Вплив різкозмінних навантажень дугових сталеплавильних печей на електротехнічне обладнання електротехнологічних комплексів : Дис... д-ра наук: 05.09.03 – 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Зіновкін В.В. Вплив різкозмінних навантажень дугових сталеплавильних печей на електротехнічне обладнання електротехнологічних комплексів – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси і системи. – Донецький національний технічний університет, Донецьк, 2006.  Дисертація присвячена розвитку теорії нестаціонарних електромагнітних процесів в електротехнічному обладнанні і системах з метою підвищення ефективності роботи та функціональної надійності електропостачання електротехнологічних комплексів у складі дугових сталеплавильних печей. В роботі запрорпоновано багатопараметричний метод і розроблено математичні моделі для дослідження впливу сукупності параметрів різкозмінних навантажень на збуджувані ними нестаціонарні електромагнітні процеси в електротехнічному обладнанні. Рішення отримано в межах початкових та граничних умов, відображаючих характерні риси електротехнологічних комплексів з урахуванням нелінійною залежністю магнітної проникливості від напруженості магнітного поля.  Запропоновано методики аналізу і класифікації електричних параметрів різкозмінних навантажень по кратності, тривалості та характеру, а також ефективні енерго- та масо-зберігаючі інженерні рішення та система електромагнітного шунтування неактивних деталей, які підтверджено багаточисельними експериментальними дослідженнями і впровадженням на електрометалургійних підприємствах України. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі дано теоретичне узагальнення і нове рішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення функціональної надійності електропостачання і ефективності роботи електротехнологічних комплексів у складі потужних дугових сталеплавильних печей і тиристорних компенсаторів реактивної потужності, шляхом розвитку теорії нестаціонарних електромагнітних процесів у електротехнічному обладнанні і системах електропостачання в рамках початкових і граничних умов, що відображають характерні риси електротехнологічних режимів.  Основні наукові та практичні результати роботи полягають в наступному:  1. Розроблена математична модель нестаціонарних електромагнітних процесів в мережах 35 кВ електротехнологічного комплексу, яка відрізняється тим, що в ній враховується нелінійна вебер-амперна характеристика електропічного трансформатора. Рішення здійснюється методом Гауса у поєднанні з принципом Хілла за початковими і граничними умовами, що відображають специфіку електричних режимів дугових сталеплавильних печей. Це дозволило встановити закономірності впливу струмів включення і характерних особливостей навантажень дугових сталеплавильних печей на трансформаторне обладнання і ферорезонансі явища у фільтрах вищих гармонік компенсаторів реактивної потужності.  2. Розроблено метод багатопараметричного цільового аналізу впливу сукупності параметрів різкозмінних навантажень потужних дугових сталеплавильних печей і порушуваних ними нестаціонарних електромагнітних процесів в електротехнічному обладнанні електротехнологічних комплексів. Це дозволило одночасно враховувати: несиметрію, несинусоїдальність, вищі гармоніки, кратності, кількість, тривалість струмів технологічних коротких замикань на втрати потужності; різкозмінних струмів на рівні шуму, індуктивності в магнітних системах і несинусоїдального потоку в шунтуючих елементах мережних трансформаторів напругою 220кВ; зміни фазних реактансів і вебер-амперних характеристик електропічних трансформаторів на формування ферорезонансних явищ в мережах електротехнологічних комплексів.  3. Запропоновано моделі фізичного, математичного і комп'ютерного моделювання сукупності параметрів нестаціонарних електромагнітних процесів і формування заданих співвідношень коефіцієнтів несинусоїдальності і несиметрії, що відрізняються можливістю спотворення електротехнологічних струмів дугових сталеплавильних печей. Це дозволило встановити нові нелінійні залежності їх взаємозв'язків, розробити еквівалентні режими трансформаторного обладнання і підвищити ефективність роботи електротехнологічних комплексів.  4. Розроблено математичну модель шуму трансформатора спеціального призначення, яка відрізняється тим, що в її основу покладена система нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку в часних похідних. Її рішення отримано на підставі модифікованої задачі Коші у поєднанні з перетвореннями Лейбніца. Це дозволило враховувати вплив електротехнологічних коротких замикань дугових сталеплавильних печей на шум трансформатора в спектрі октавних частот і зміни в конструкції. Впровадження цих результатів сприяло зниженню аварійності електротехнічного обладнання в системах електротехнологічних комплексів.  5. Запропоновано новий підхід до узагальнення нестаціонарного поверхневого ефекта в масивних феромагнітних деталях електротехнічного обладнання спеціального призначення, який відрізняється тим, що враховується вплив характерних рис режимів дугових сталеплавильних печей і нелінійна магнітна проникливість. Це дозволило встановити взаємозв'язки між вищими гармоніками, додатковими втратами і електромагнітним полем з урахуванням апроксимації нелінійної магнітної проникності від різкозмінного магнітного поля показовою і поліномінальними функціями третього і п'ятого порядків, а також в абсолютних і відносних одиницях. При цьому похибки між теоретичними і експериментальними дослідженнями не перевищують 3 і 5% для областей магнітних полів, в яких працює електротехнічне обладнання, і середніх, відповідно. Це дозволило вибрати найбільш оптимальні конструкції силових трансформаторів спеціального призначення, при нормованих додаткових втратах, для живлення електротехнологічних комплексів з різкозмінними навантаженнями.  6. Отримано нелінійні залежності вищих гармонік, додаткових втрат і нестаціонарних електромагнітних процесів у електротехнічному обладнанні і мережах від несинусоїдальності і несиметрій навантаження електротехнологічніх комплексів. Це дозволило сформулювати нові технічні вимоги і технічні умови для розробки, проектування і експлуатації мережних трансформаторів спеціального призначення і модернізації діючих з урахуванням впливу електротехнологічних режимів дугових сталеплавильних печей.  7. Отримано залежності розподілу несинусоїдального магнітного потоку у феромагнітних шунтах, які відрізняються тим, що дозволяють враховувати його щільність щодо просторового їх розміщення в трансформаторі спеціального призначення відносно обмоток. Це дозволило розробити нову систему електромагнітного шунтування неактивних деталей з рівномірним завантаженням шунтів несинусоїдальним магнітним потоком, зменшити додаткові втрати від вихрових струмів і нагріви в баці на 50%, а витрати електротехнічної сталі до 35% (1,7т), при підвищенні технологічності. Науково-прикладна новизна рішення підтверджена авторським свідоцтвом.  8. Розроблено багатопараметричну систему електромагнітної діагностики технічного стану мережних трансформаторів, яка відрізняється тим, що електричні параметри аналізуються на трьох рівнях. На першому рівні, за допомогою спеціалізованого пристрою, науково-технічна новизна якого підтверджена авторським свідоцтвом, контролюються параметри електротехнологічних режимів потужних дугових сталеплавильних печей, які перевищують нормовані і є першопричиною формування відхилень в конструкції. На другому - аналізується шум в спектрі октавних частот, а на третьому – деформації в системах обмоток. Це дозволило встановити причинно-наслідкові чинники, що впливають на аварійність і умови експлуатації силових трансформаторів потужностей 160 і 63 МВА напругою 220 і 150 кВ в мережах електротехнологічних комплексів і систематизувати їх на постійно і періодично діючі.  9. Запропонована методика розрахунку втрат від вихрових струмів в неактивних деталях електротехнічного обладнання, порушуваних різкозмінним магнітним полем розсіяння, і дослідження нестаціонарних електромагнітних процесів на простих фізичних і масштабних моделях, макетних взірцях і реальному електротехнічному обладнанні.  10. Розроблено програму і алгоритм зведення міжфазних зовнішніх електричних параметрів силових трансформаторів до внутрішніх електромагнітних параметрів, які відрізняються тим, що дозволяють аналізувати динаміку зміни градієнтів фазних реактивних опорів. Це дозволяє оперативно визначати наявність відхилень в конструкції і передбачити аварійні виходи мережних трансформаторів.  11. Розроблено спеціалізований пристрій для експериментальних досліджень сукупності електротехнологічних режимів дугових сталеплавильних печей, який відрізняється можливістю їх класифікації по кратностям, кількості, тривалості, характеру, а також технологічним і аварійним коротким замиканням, несиметрії і несинусоїдальності. Це дозволило удосконалити ідеалізовані математичні моделі і уточнити закономірності взаємозв'язків параметрів електричних режимів і електромагнітних процесів в електротехнічному обладнанні і системах комплексів.  12. Обгрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджені послідовними математичними доказами основних тверджень і рішеннями математичних модельних задач. Достовірність результатів досліджень підтверджена багаточисельними експериментальними данними, отриманими на простих, фізичних і масштабних моделях, макетних взірцях, реальних силових трансформаторах потужностей 63, 160, 100/200 МВА, напругою 150 і 220кВ і електротехнічному обладнанні в умовах випробувальної станції заводу-виготівника, на спеціалізованому стенді напругою 500 кВ і електротехнологічному обладнанні (ДСП-25-150) в умовах реальної експлуатації.  13. Впроваждення результатів теоретичних і експериментальних досліджень та практичних рекомендацій дозволило підвищити функціональну надійність електропостачання і ефективність функціонування електротехнологічних комплексів у складі потужних сталеплавильних печей, за рахунок суттєвого зниження аварійності і електро-масо-габаритних показників трансформаторного обладнання спеціального призначення при збереженні номінальних електричних параметрів. Вони використані при виконанні програми енергозбереження в Запорізькому промисловому регіоні і на електрометалургійних підприємствах України, безпосередньо у ВАТ „Український науково-дослідний, проектно-конструкторський і технологічний інститут трансформаторобудування”, ВАТ „Запоріжтрансформатор”, ВАТ “НДІ Перетворювач”, ВАТ „Дніпроспецсталь”, ВАТ „Мотор-Січ” м. Запоріжжя, ЗАТ „ІСТІЛ” (Україна) м. Донецьк, АОЗТ „Енерготерм” м. Москва безпосередньо при:  -проектуванні і модернізації трансформаторного обладнання і перетворювачів спеціального призначення потужностей 63, 90, 160, 100/200, 400, 750 МВА;  -розробці методики і вперше проведених приймально-здавальних випробуванях трансформатора спеціального призначення ТРДЦНМ 100000/200000/ 220-У1 на мережевому стенді напругою 500 кВ;  -фізичному моделюванні нестаціонарних електромагнітних процесів, порушуваних сукупністю параметрів різкозмінних навантажень дугових сталеплавильних комплексів на стадіях пошуку і розробки оптимальних енергозберігаючих рішень;  - проектуванні силових трансформаторів типів ТРДЦНМ -100000/200000-220 і модернізації ТРДЦН -160000/220, що працюють в системах електропостачання потужних електротехнологічних комплексів;  - дослідженні умов експлуатації і причинно-наслідкових чинників аварійності трансформаторного обладнання в системах електротехнологічних комплексів.  14. Теоретичні положення, методи математичного, фізичного і комп'ютерного моделювання навантажень потужних дугових сталеплавильних печей і нестаціонарних електромагнітних процесів в масивних деталях, електротехнічному обладнанні і мережах електротехнологічних комплексів, а також прикладні результати дисертаційної роботи використані в учбовому процесі при підготовці аспірантів, магістрів і фахівців в Запорізькому національному технічному університеті. | |