

Список літератури

1. Витрати електричної енергії на власні та господарські потреби електричних станцій та мереж: ГНД 34.09.205-2004. – К.: Мінпаливенерго, 2004. – 25 с.
2. Квицинський А.О. Щодо ущільнення графіків навантажень за рахунок електроопалення / А.О. Квицинський, К.Б. Денисевич // Новини енергетики. – 2009. – №8. – С. 29–36.
3. Лазуренко А.П. Аккумуляирование энергии в бытовом секторе / А.П. Лазуренко, Г.И. Черкашина // Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №4. – С. 57-63.
4. Офіційний сайт Державного підприємства «Енергоринок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.er.energy.gov.u.

Выполнено технико-экономическое обоснование возможных объемов использования, характеристик, режимов работы, алгоритмов и схем управления системными потребителями-регуляторами, проекты внедрения которых не требуют значительных капитальных вложений на увеличение пропускной способности электрических сетей всех классов напряжения.

Суточный график нагрузки, потребители – регуляторы, пропускная способность электросети.

Research is devoted to feasibility of possible amounts of use, features, modes, algorithms and control circuits system-consumer regulators, implementing projects that do not require significant capital investments to increase the capacity of power grids of all voltage classes and that can be implemented in the short run.

Daily schedule load, consumers – regulators, throughput power.

УДК 621. 314.214.33(088.8)

ВЕКТОРНИЙ АНАЛІЗ СХЕМ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА ТОРОЇДНИХ МАГНІТОПРОВОДАХ

**М. В. Брагіда, кандидат технічних наук
Я. О. Тримпол, студентка магістратури**

Наведено електричну схему принципово нового технічного рішення зварювального трансформатора, складено рівняння напруг та проведено аналіз їх за допомогою векторних діаграм при різних схемах з'єднання обмоток. Аналіз векторних діаграм показав, що зменшення напруги дуги, а відповідно і струму зварювання відбувається за рахунок падіння напруги в магнітопроводах, наведеної проти-ЕРС обмотки зв'язку та електромагнітної взаємодії обмоток зв'язку та регулювальної (дроселя).

Зварювальний трансформатор, тороїд, обмотка зв'язку, магнітопровід, обмотка регулювання.

© М. В. Брагіда, Я. О. Тримпол, 2012

Аналізуючи конструкції переважної більшості зварювальних трансформаторів можна зазначити, що регулювання величини струму зварювання отримують шляхом зміни величини потоку розсіювання в повітряному проміжку, що призводить до втрат енергії. На цьому принципі працює більшість трансформаторів, як на П-подібному, так і на тороїдному осердях.

Заслуговує на увагу конструкція зварювального трансформатора, в якого регулювання величини струму зварювання можна отримати не шляхом розсіювання складових магнітного поля, а їх взаємокомпенсації.

Мета досліджень – обґрунтування за допомогою векторних діаграм можливої зміни напруги зварювальної дуги, а відповідно величини струму зварювання при різних схемах з'єднання обмоток.

Матеріали та методика досліджень. Трансформатор складається із тороїдного магнітопроводу, на який намотана первинна та вторинна обмотки TV1. На другий тороїдний магнітопровід намотана обмотка для регулювання величини струму зварювання (дросель) L1. Магнітопроводи зв'язані між собою обмоткою зв'язку. Принципова електрична схема такого пристрою наведена на рис.1 [3]. Змінюючи комбінації з'єднання вторинної обмотки, обмотки регулювання та обмотки зв'язку, отримуємо широкий діапазон регулювання зварювального струму.

Принциповою особливістю запропонованого зварювального трансформатора є те що:

- обмотка зв'язку охоплює магнітопроводи трансформатора та дроселі і є одночасно продовженням вторинної обмотки зварювального трансформатора та обмотки дроселя;
- схема з'єднання обмоток (зустрічне, узгоджене) суттєво впливає на режим роботи трансформатора, а точніше – визначає його режими роботи.

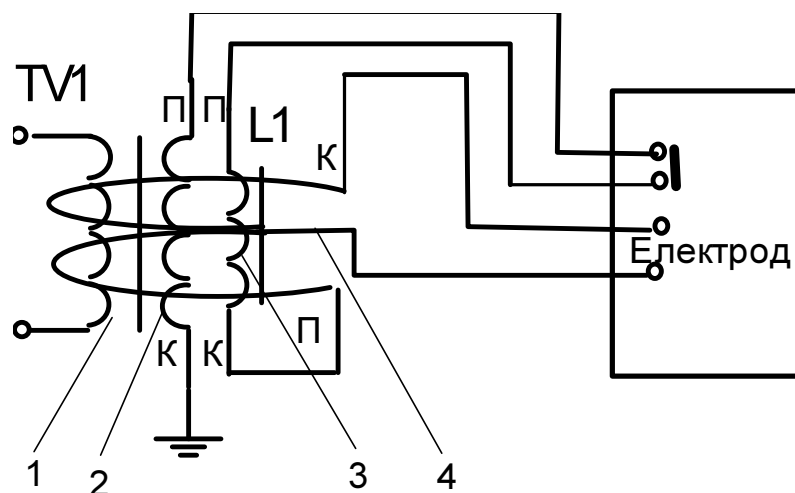


Рис. 1. Принципова електрична схема трансформатора

Проаналізуємо два найсуттєвіші режими роботи:

- 1-й режим – вторинна обмотка трансформатора, обмотка зв'язку та дроселі з'єднані узгоджено;

– 2-й режим – обмотка зв'язку та дроселі з'єднані з вторинною обмоткою трансформатора зустрічно, при цьому обмотки зв'язку та дроселя з'єднані узгоджено.

При розв'язанні задачі були використані методи математичного моделювання електромагнітних процесів.

При замиканні виводів на зварювальний електрод по вторинній обмотці, обмотці регулювання та зв'язку буде протікати струм. Рівняння трансформатора при навантаженні для комплексних величин будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} \dot{U}'_1 &= -\dot{E}'_1 + r'_1 \dot{I}'_1 + jx'_1 \dot{I}'_1; \\ \dot{U}'_2 &= \dot{E}'_2 - (r'_2 \dot{I}'_2 + jx'_2 \dot{I}'_2); \\ \dot{U}'_{\text{св}} &= \dot{E}'_{\text{св}} - (r'_{\text{зв}} \dot{I}'_2 + jx'_{\text{зв}} \dot{I}'_2), \end{aligned} \quad (1)$$

де \dot{U}'_2 — приведена до первинної (приведена) напруга на виводах вторинної обмотки, В; $\dot{U}'_{\text{зв}}$ — приведена напруга на виводах обмотки зв'язку, В; r'_1 — активний опір первинної обмотки, Ом; x'_1 — індуктивний опір розсіювання первинної обмотки, Ом; r'_2 — активний опір приведеної вторинної обмотки, Ом; x'_2 — індуктивний опір розсіювання приведеної вторинної обмотки, Ом.

$$\dot{U}'_2 = r'_p \dot{I}'_2 + jx'_p \dot{I}'_2 + r'_{\text{зв}} \dot{I}'_2 + jx'_{\text{зв}} \dot{I}'_2 + \dot{U}'_{\text{дуг}}, \quad (2)$$

де r'_p — активний опір приведеної обмотки регулювання (дроселя), Ом; x'_p — індуктивний опір розсіювання приведеної обмотки дроселя, Ом; $r'_{\text{зв}}$ — активний опір приведеної обмотки зв'язку, Ом; $x'_{\text{зв}}$ — індуктивний опір розсіювання приведеної обмотки зв'язку, Ом; $\dot{U}'_{\text{д}}$ — приведена напруга дуги, В.

Напруга \dot{U}'_1 , яка з мережі прикладається до первинної обмотки трансформатора, викликає струм \dot{I}'_1 , що складається із струму намагнічування \dot{I}'_{μ} та приведенного до первинної обмотки струму навантаження мінус \dot{I}'_2 . Для отримання величини мінус \dot{E}'_1 необхідно від вектора напруги \dot{U}'_1 відняти падіння напруги $r'_1 \dot{I}'_1$ та $jx'_1 \dot{I}'_1$. ЕРС мінус \dot{E}'_1 попереджає магнітний потік осердя Φ_{μ} , який її утворив на 90° . Φ_{μ} індукуює у вторинній обмотці трансформатора ЕРС $\dot{E}'_2 = \dot{E}'_1$. При активно-індуктивному навантаженні вектор струму \dot{I}'_2 буде відставати від \dot{E}'_2 на кут φ_1 [2]. Віднявши падіння напруги на активних та індуктивних елементах вторинної обмотки трансформатора, дроселя та обмотки зв'язку, отримуємо напругу зварювання $\dot{U}'_{\text{д}}$ (рис.2).

При великих струмах зварювання кількість витків обмотки зв'язку зменшується або зовсім відсутня. Тоді струм навантаження визначається опором дроселя. Вектор струму буде повернутий у сторону індуктивного навантаження, тобто буде відставати від вектора ЕРС. За рахунок зменшення опору збільшиться струм зварювання та падіння напруг на дроселі та трансформаторі. Векторна діаграма наведена на рис. 2.

Змінною величиною в цьому технічному рішенні є падіння напруги на обмотці зв'язку. Так при зменшенні струму зварювання число її витків, а значить і опір (переважно індуктивний) збільшується.

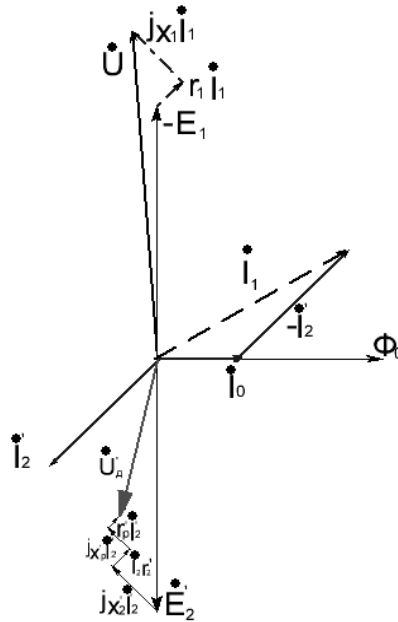


Рис. 2. Векторна діаграма при великих струмах зварювання (обмотка зв'язку відсутня)

Струми, що протікають по обмотках зв'язку та дроселя будуть впливати один на одного завдяки магнітному зв'язку обмоток. Рівняння (1), (2) не враховують наведеної складової магнітного потоку дроселя та обмотки зв'язку. Тому доцільно окремо розглянути вплив магнітного потоку дроселя на трансформатор, адже струм в обмотках дроселя створює МРС, а відповідно в обмотці зв'язку, яка охоплює магнітопроводи, буде наводитись ЕРС $\dot{E}'_{рзв}$.

При узгодженому з'єднанні обмоток (рис. 3) до величини \dot{E}'_2 необхідно додати величину, індуковану первинною обмоткою, ЕРС обмотки зв'язку $\dot{E}'_{зв}$. Струм зварювання \dot{I}'_2 , проходячи по обмотці дроселя, створює магнітний потік Φ_p , який індукує в обмотці зв'язку ЕРС $E_{рзв}$. Віднявши падіння напруги на активному та індуктивному опорі обмотки, отримаємо величину напруги $\dot{U}'_{рзв}$, яка додатково буде прикладена до електродів. Як видно із векторної діаграми (рис. 4) величина напруги дуги $\dot{U}'_д$ дещо зменшується. Завдяки збільшенню ЕРС $\dot{E}'_{зв}$ струм зварювання зменшується незначно при збільшенні кількості витків обмотки зв'язку.

При зустрічному з'єднанні обмоток (рис. 5) ЕРС обмотки зв'язку $\dot{E}'_{зв}$ віднімається від ЕРС вторинної обмотки \dot{E}'_2 . Струм, що протікає по обмотках вторинного кола трансформатора, не змінює свого напрямку, а напрямок намотки обмоток дроселя та зв'язку змінюється, а отже і зміниться напрямок магнітного потоку дроселя Φ_p . в обмотці зв'язку буде індуктуватись ЕРС $E_{рзв}$, яка відстає від мінус Φ_p (попереджає) на 90° . Результуюча напруга електричної дуги зварювання, що складається із геометричної суми напруг вторинної обмотки \dot{U}'_2 , та обмотки зв'язку $\dot{U}'_{рзв}$ значно зменшиться.

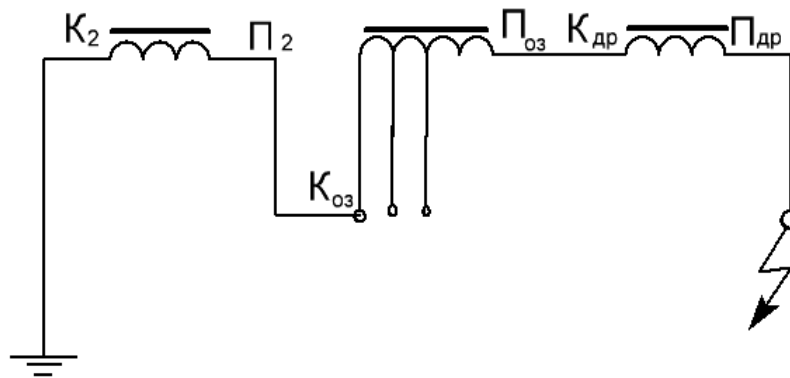


Рис. 3. Схема узгодженого з'єднання обмоток зварювального трансформатора

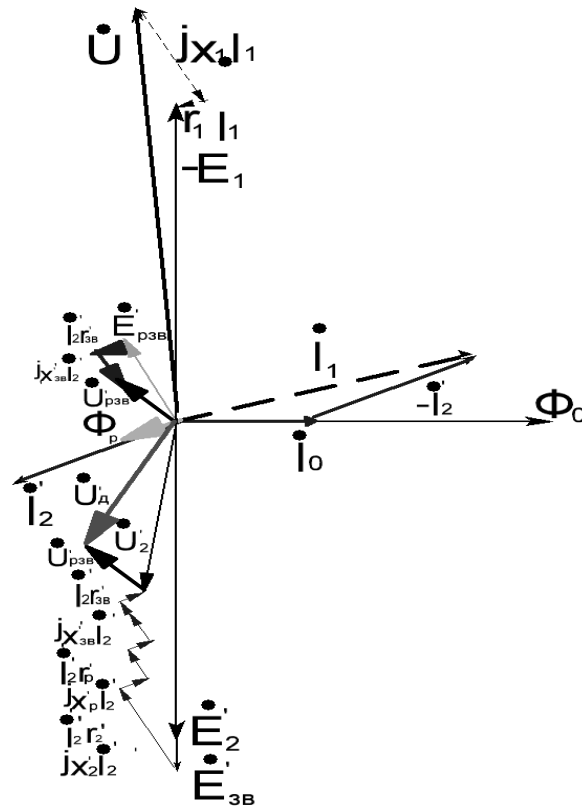


Рис. 4. Векторна діаграма зварювального трансформатора при узгодженому з'єднанні обмоток

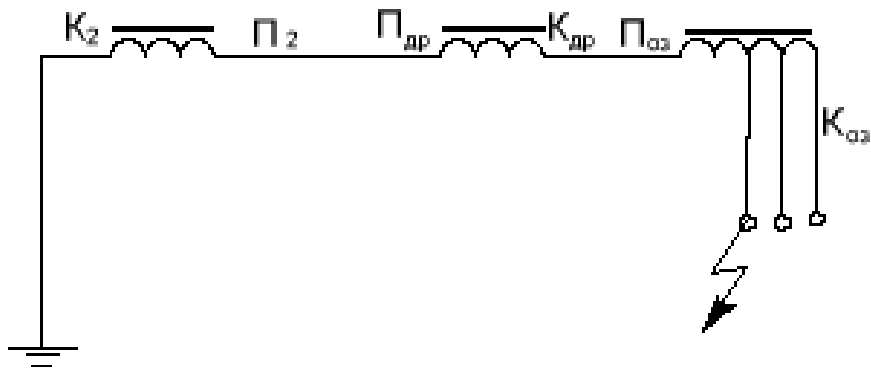


Рис. 5. Схема зустрічного з'єднання обмоток зварювального трансформатора

При малих струмах зварювання зменшується величина ЕРС \dot{E}'_2 на величину $\dot{E}'_{зв}$, збільшується опір (індуктивний) обмотки зв'язку і збільшується ЕРС обмотки зв'язку, що наведена обмоткою дроселя $\dot{E}'_{рзв}$.

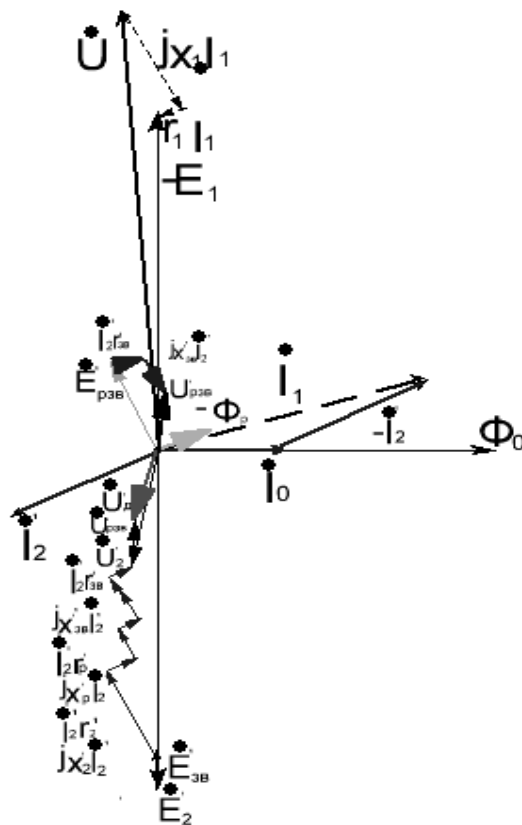


Рис. 6. Векторна діаграма зварювального трансформатора при зустрічному з'єднанні обмоток

Результати досліджень. Векторний аналіз напруг зварювання показав можливі способи регулювання їх, застосовуючи обмотку зв'язку. Досліджуючи схеми з'єднання обмоток, можна зробити такі висновки:

– для отримання малих струмів зварювання (регулювання у широкому діапазоні) доцільно застосовувати зустрічне з'єднання обмоток. Регулювання напруги електричної дуги відбувається за допомогою трьох факторів: зниження напруги дуги холостого ходу, падіння напруги на обмотці зв'язку та зниження напруги завдяки електромагнітній взаємодії обмотки зв'язку з обмоткою дроселя, причому два останні фактори прямо пропорційно залежать від величини струму зварювання і стабілізують напругу дуги. Так, при збільшенні струму зварювання збільшується падіння напруги і збільшується величина $\dot{U}'_{рзв}$, що призводить до зменшення струму зварювання. При зменшенні струму зварювання зменшується падіння напруги і зменшується величина $\dot{U}'_{рзв}$, що призводить до збільшення струму зварювання;

– при зниженій нарузі електричної мережі, стабільному процесі зварювання, що не потребує регулювання струмів зварювання, доцільно застосовувати узгоджене з'єднання обмоток. Стабілізація напруги дуги відбувається аналогічно.

Висновки

Аналіз електромагнітних процесів зварювального трансформатора, виконаного на тороїдних магнітопроводах показав, що регулювання напруги зварювальної дуги можна здійснити зміною числа витків обмотки зв'язку, а також зміною полярності включення обмоток регулювання та зв'язку.

Пристрої, виконані на тороїдних магнітопроводах, знаходять своє практичне застосування у зварювальних трансформаторах. Такі трансформатори мають мінімальні розміри та мінімальні втрати енергії.

Список літератури

1. Брагіда М. В. Аналіз електромагнітних процесів зварювального трансформатора на тороїдних магнітопроводах / М. В. Брагіда // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2011. – Вип. 161. – С. 88–93.
2. Вольдек А. И. Электрические машины: [учеб. для студ. высш. техн. учебн. заведений] /А. И. Вольдек. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
3. Пат. 94540 України МПК Н 01 F 30/16/ Трансформатор для зварювання / Брагіда М. В., Гаврилюк В.В., Брагіда Є.М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – а201005756; заявл. 12. 05. 10; опубл. 10. 05 11. Бюл. №9.
4. Специальные электрические машины: [учеб. пособие для вузов] / [А. И. Бертинов, Д. А. Бут, С. Р. Мизюрин и др.]; под ред. А. И. Бертинова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 552 с.

Приведена електрическа схема принципно нового технічного рішення сварочного трансформатора, составлены уравнения напряжений и проведен анализ с помощью векторных диаграмм при различных схемах соединения обмоток. Анализ векторных диаграмм показал, что уменьшение напряжения дуги, а, следовательно, и тока сваривания происходит за счет падения напряжения в магнитопроводах, а также наведенной противо-ЭДС об-

мотки зв'язи и електромагнітного взаємодія обмоток зв'язи и регулювання (дросселя).

Сварочний трансформатор, тороїд, обмотка зв'язи, магнітопровід, обмотка регулювання.

The electric circuit of essentially new technical decision of the arc-welding transformer is brought, the equations of voltage are brought and the vectogram is constructed. The analysis of the vectogram has shown, that reduction of a voltage at increase in amperage happens due to a power failure and also induced voltage windings of regulation.

The arc-welding transformer, toroid, winding of communication, a winding of regulation.

УДК 621.3.066.5/6:636

СПЕЦІАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ ПМЛ-1100

В.В.Коробський, кандидат технічних наук

Наведено результати досліджень зносостійкості та ерозії поверхні контактування серійних контакт-деталей електромагнітних пускачів ПМЛ-1100О4 на основі срібла - СрН-90, СрМ-0,2+М1 і метало-керамічних контакт-деталей на основі міді з домішками металів та інших термодинамічно стійких з'єднань. Зроблено металографічний аналіз контактних поверхонь, що сприяв виявленню закономірностей ерозійного руйнування розривних мостикових контактів на основі Аg та Сu. Контакт-деталі з дослідних контактних матеріалів пройшли виробничі випробування в реальних умовах сільського господарства.

Електромагнітний пускач, комутаційні випробування, контакт-деталь, контактний матеріал, металографічний аналіз, морфологія.

Надійність електричного контакту здебільшого визначається його складовими компонентами, структурою і властивостями поверхневих шарів, які утворюються в результаті ерозії і переносу контактного матеріалу в електричній дузі [3]. Основним складовим компонентом для контактних матеріалів найпоширеніших електромагнітних пускачів є срібло. Контакт-деталі пускачів ПМЛ, ПМЕ, ПМА, ПАЕ виготовляються з матеріалу на основі срібла (СрН-90, СрМ-0,2+М1, СОК-15).

Як правило до технологічного обладнання, яке призначене для тваринницьких ферм і комплексів входять електромагнітні пускачі загальнопромислового призначення, класу зносостійкості Б, В. Подібні пускачі не

© В.В. Коробський, 2012