

Для встановлення зв'язку між гілками та відповідними зварювальними машинами вводимо коди гілок і вузлів: гілки і вузли, що належать фазі А матимуть код 1; фазі В – 2; фазі С- 3. Гілки, що підключені між фазами А,В, позначаємо кодом 4; між фазами В і С – кодом 5; між фазами С і А– кодом 6. Зв'язок між гілками, вузлами та контурами схеми і зварювальними машинами відображається у матрицях:

- допоміжна матриця гілок V . Кількість стовпців матриці дорівнює кількості гілок. У першому рядку записуємо номер ввімкненої зварювальної машини, при ввімкненні якої додаються ці гілки до схеми, у другому – код гілки (на рис. 3, 4 елементи цієї матриці виділені сірим кольором та напівжирним курсивом);

- допоміжна матриця вузлів UZ . Кількість рядків матриці дорівнює кількості вузлів. У першому стовпці записуємо номер ввімкненої зварювальної машини, що підключена до вузла, у другому – код вузла (на рис. 3 елементи цієї матриці виділені сірим кольором та напівжирним шрифтом з підкресленням);

- допоміжна матриця контурів K . Кількість рядків матриці дорівнює кількості контурів. У першому стовпці записуємо номер ввімкненої зварювальної машини, фаза якої утворює контур, у другому – код гілки, що відповідає фазі зварювальної машини (на рис. 4 елементи цієї матриці виділені сірим кольором та напівжирним шрифтом з підкресленням).

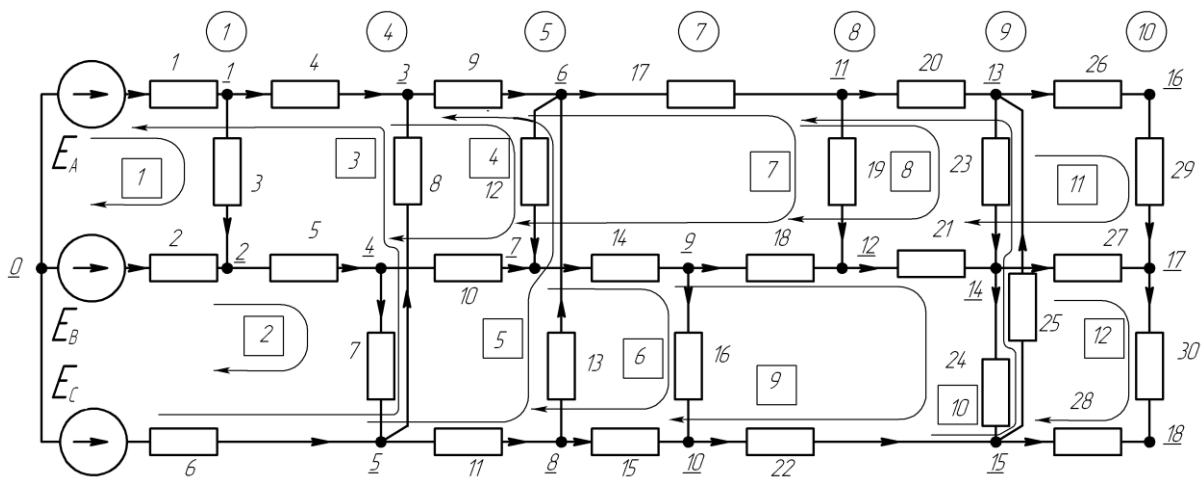


Рисунок 2 – Розрахункова схема при ввімкненні 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10 МТКЗ

Для забезпечення можливості формального формування матриць, що задають структуру схеми, обираємо однотипні правила вибору контурів, напрямів їх обходу, напрямів гілок, порядку запису гілок в матрицях контурів, з'єднань, опорів:

- при появі нової гілки, що відповідає фазі багатофазної або однофазній МТКЗ, утворюється новий контур, до якого включаємо усі гілки ділянок фаз шинопроводу, до яких підключена зварювальна машина, в бік джерела живлення і гілки з ЕРС джерела живлення;

- гілки, що відповідають ділянкам фаз шинопроводу, направлені від джерела живлення;

- напрями гілок, що відповідають фазам зварювальних машин, для всіх машин прийняті: від фази А до В, від фази В до С та від С до А;

- напрями обходу контурів – співпадають з напрямками гілок, що відповідають фазам зварювальних машин;

- при записі гілок у матрицях з'єднань, контурів, опорів; вузлів у матриці з'єднань; контурів у матриці контурів, що з'являються при підключенні зварювальної машини, встановлюється такий порядок: гілки та вузли записуємо за зростанням коду, а контури – за зростанням коду гілки, що відповідає фазі зварювальної машини, яка утворює контур. Виключенням є тільки однофазні зварювальні машини, підключені до фаз С, А. Для них порядок запису гілок у всіх матрицях буде таким: спочатку з кодом 3 (фаза С), потім з кодом 1 (фаза А) і з кодом 6 (гілка, підключена між фазами С, А).

При формуванні матриць з'єднань і контурів всі зварювальні машини розглядаються по черзі за збільшенням відстані від джерела живлення. Розглянемо алгоритм формування транспонованої матриці контурів (рис. 3, на рисунку елементи матриці контурів записані на білому фоні звичайним шрифтом). Підключення однофазної зварювальної машини призводить до утворення одного контуру, додає три гілки. При прийнятих напрямках гілок, контурів, черзі запису гілок, вузлів та контурів, для врахування підключення однофазної зварювальної машини до будь-яких фаз необхідно приєднати до матриці контурів блок

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Границі цих блоків обведені лінією у матриці контурів на рис. 3 (зварювальні машини 1, 7, 8).

Приєднання відповідних блоків для зварювальних машин з будь-якою кількістю фаз починається з наступних за останніми рядка і стовпця раніше сформованої частини матриці контурів.

Для трифазної зварювальної машини до матриці контурів приєднується блок:

Вектор джерел струму формується з нульових елементів. В векторі ЕРС три елементи дорівнюють ЕРС джерела живлення, інші – нулю. Формування цього вектора ведеться одночасно з формуванням інших матриць при почерговому (за зростанням відстані від джерела живлення) розгляді ввімкнених зварювальних машин. Після додавання інформації про МТКЗ у матрицю з'єднань, контурів та допоміжні матриці V , UZ , K , для всіх гілок, що були додані при розгляді чергової зварювальної машини і належать фазам шинопроводу, в матриці UZ виконується пошук всіх вузлів, що належать тим же фазам, що і гілки. Якщо вузлів, що належать фазі, поки немає, ця гілка є першою від джерела живлення і елементу вектора ЕРС, розташованому в тому ж рядку, що і гілка в матриці V , присвоюється значення ЕРС відповідної фази.

Формування вектора опорів також ведеться разом з іншими матрицями. Опір перших від джерела живлення гілок, що належать фазам мережі, розраховуємо

$$z_{\phi 1} = z_0 \cdot l_1 + z_T,$$

де z_0 - повний питомий опір шинопровода; l_1 - відстань від джерела живлення до першої МТКЗ; z_T - повний опір трансформатора, приведений до напруги 0,38 кВ.

Опори наступних гілок, що відповідають ділянкам фаз шинопровода, розташованими між точками підключення зварювальних машин, визначаємо:

$$z_{\phi n} = z_0(l_i - l_{i-1}),$$

де l_i - відстань від джерела живлення до зварювальної машини, що розглядається; l_{i-1} - відстань від джерела живлення до попередньої зварювальної машини, підключеної до тієї ж фази.

Опори гілок, що відповідають фазам зварювальних машин, розраховуються за виразами (1).

Після закінчення розгляду всіх зварювальних машин, за вектором опорів формується діагональна матриця опорів Z .

Таким чином, розрахункова схема для ввімкнених m_1 однофазних, m_2 двохфазних і m_3 трьохфазних зварювальних машин має $q_n = 2m_1 + 3(m_2 + m_3)$ незалежних вузлів; $p = 3m_1 + 5m_2 + 6m_3$ гілок; $n = m_1 + 2m_2 + 3m_3$ незалежних контурів.

Струми і напруги гілок розраховуються за законами Ома і Кірхгофа шляхом розв'язання системи $2p$ лінійних рівнянь (у блочному матричному вигляді):

$$\begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & \Pi \\ \Gamma_t & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \vec{U} \\ \vec{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{E} \\ \vec{J} \\ 0 \end{bmatrix},$$

де Π - матриця з'єднань; Γ_t - транспонована матриця контурів; \vec{U} , \vec{I} - вектори напруг і струмів гілок; \vec{E} , \vec{J} - вектори ЕРС і джерел струму.

Розроблений алгоритм і програма є першим етапом і важливою складовою рішення задачі щодо визначення розрахункових значень пікових струмів і втрат напруги в мережі живлення МТКЗ. Алгоритм призначений для нерозгалуженого шинопроводу, але на його основі досить легко побудувати алгоритм розрахунку як для розгалуженого шинопроводу, так і для мережі з двостороннім живленням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагин Г.Я. Режимы электросварочных машин / Вагин Г.Я. – М.: Энергоатомиздат, 1985.- 192 с.
2. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. – Тяжпромэлектропроект, 1976. – № 3. – С. 3-9.

Надійшла до редколегії 17.03.2011

Рецензент: Е.Г.Курінний

Н.Н. ПОГРЕБНЯК, В.В. МУХИН
Государственное высшее учебное заведение
«Донецкий национальный технический университет»

N. POGREBNIYAK, V. MUCHIN
State Institution of Higher Education
«Donetsk National Technical University»

Расчет токов и напряжений в сети электроснабжения группы машин точечной контактной сварки. Предложен универсальный алгоритм расчета токов и напряжений в электрической сети, питающей группу машин точечной контактной сварки, при любой комбинации любого количества включенных сварочных машин с различным числом фаз. Алгоритм может быть применен для определения максимальных расчетных значений пиковых токов и потерь напряжения в сети электроснабжения группы машин точечной контактной сварки.

Пиковый ток, потеря напряжения, электрическая сеть, машина точечной контактной сварки.

Current and Voltage Calculation in Electric Network of Power Supply of Group of Spot-Welding Machines. Universal algorithm of current and voltage calculation in electric network of power supply of arbitrary combination of switched-on spot-welding machines of group is proposed. The algorithm can be applied for peak current and voltage loss maximal design value calculation in electric network of power supply of group of spot-welding machines.

Peak current, voltage loss, electric network, spot-welding machine.