УДК 621.313.33

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА З ВЕНТИЛЬНИМ ЗБУДЖЕННЯМ ПО Г-ПОДІБНІЙ СХЕМІ ЗАМІЩЕННЯ

Мазуренко Л.І., докт.техн.наук**, Романенко В.І., Джура О.В.,** канд.техн.наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Розглянуто Г-подібну схему заміщення автономного зварювального асинхронного генератора з вентильним збудженням, в якій для опису перетворювача використано змінну ємність і активні опори. За величиною струму і напруги кола постійного струму з урахуванням характеристики холостого ходу генератора визначається індуктивний опір контуру намагнічування. З рівняння балансу активних потужностей отримано аналітичний вираз для ковзання генератора, що дозволило провести розрахунок його робочих характеристик. Визначено величину мінімального опору кола постійного струму і граничне ковзання генератора, що дало змогу виділити сукупність робочих точок, для яких струм статора не перевищує свого номінального значення, та встановити робочий діапазон ковзання, максимальну напругу холостого ходу та номінальний струм зварювання. Бібл. 2, рис. 2.

Ключові слова: автономний асинхронний генератор з вентильним збудженням, статична характеристика, заступна схема.

Вступ. Автономні асинхронні генератори з вентильним збудженням (АГ з ВЗ) можуть використовуватися як джерела живлення зварювальної дуги постійного струму. Для дослідження статичних характеристик таких генераторів доцільно використовувати моделі на основі Т-або Г-подібної схеми заміщення асинхронної машини. Як відомо, Г-подібна схема заміщення має переваги перед Т-подібною за рахунок значного спрощення обрахунків внаслідок винесення контуру намагнічування на її затискачі [1].

Мета роботи. Дослідження статичних характеристик автономного зварювального АГ з ВЗ.

Матеріал і результати досліджень. На рис. 1 показано Г-подібну схему заміщення зварювального АГ з ВЗ. Вентильна система збудження представлена змінною ємністю $X_{П}$ і активними опорами $R_{ПА}$ і $R_{ПР}$, що враховують втрати у перетворювачі [2]. На схемі R_d − опір навантаження.

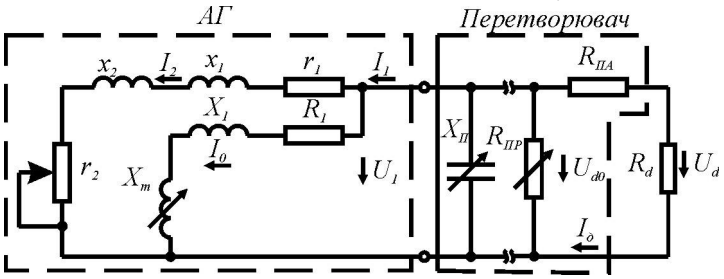

Рис. 1

Параметри схеми (рис. 1) визначаються за наступними виразами: $\delta = 1 + X_1 / X_m$, $r_1 = R_1 \delta$, $x_1 = X_1 \delta$, $r_2 = R_2 \delta^2 / s$, $x_2 = X_2 \delta^2$, де R_1, X_1, R_2, X_2 − параметри Т-подібної схеми заміщення, s − ковзання машини.

Наявність змінних елементів r_2, X_m, $R_{ПР}$, $X_П$ у схемі ускладнює розрахунки, тому встановлено їхні залежності від навантаження.

Активний опір $R_{ПА}$ враховує статичні втрати в перетворювачі від протікання струму навантаження і визначається експериментально. Опір $R_{ПР}$ враховує статичні втрати в перетворювачі при холостому ході і визначається як

$$R_{ПР} = \left(R_1^2 + \left(X_1 + X_m\right)^2\right) K_{U0}^2 / 3R_k ,$$

де $K_{U0} = U_{d0} / U_1$, R_k − активний опір ключа перетворювача у ввімкненому стані. Величина K_{U0} залежить від алгоритму перемикання силових ключів і визначається при холостому ході; для векторної ШІМ $K_{U0} = 2.56$. Величина індуктивного опору контуру намагнічування X_m визначається із досліду холостого ходу за величиною фазної напруги U_1, яка знаходиться за струмом і напругою навантаження: $U_1 = \left(I_д R_{ПА} + U_d\right) / K_{U0}$. Ковзання (необхідне для знаходження r_2) визначається із балансу активних потужностей $s = R_2 \delta^2 / (R_\Sigma - r_1)$,

де $R_\Sigma = (1 - \sqrt{1 - 4(x_1 + x_2)^2 C^2}) / 2C$, $C = -(R_1 / (R_1^2 + (X_1 + X_m)^2) + K_{U0}^2 / 3R_{d\Sigma})$,

$$R_{d\Sigma} = R_{ПР}\left(R_d + R_{ПА}\right) / \left(R_{ПР} + R_d + R_{ПА}\right).$$

Залежність повного еквівалентного опору кола постійного струму від параметрів машини отримано із рівняння балансу активних потужностей. Екстремум цієї функції визначає мінімальний еквівалентний опір кола постійного струму $R_{d\Sigma\,min} = 2K_{U0}^2 \left[x_1 + x_2\right]\left[R_1^2 + \left(X_1 + X_m\right)^2\right] / 3\left[R_1^2 + \left(X_1 + X_m\right)^2 - 2R_1\left(x_1 + x_2\right)\right]$ і граничне ковзання $s_m = -R_2 \delta^2 / (x_1 + x_2 + r_1)$. Ковзання в машині знаходиться у діапазоні $s_m \ldots s_{1гр}$, де $s_{1гр} \to -0$. Мінімальний опір навантаження визначається таким чином: $R_{d\,min} = (R_{d\Sigma\,min}(R_{ПР} + R_{ПА}) - R_{ПР} R_{ПА}) / (R_{ПР} - R_{d\Sigma\,min})$.

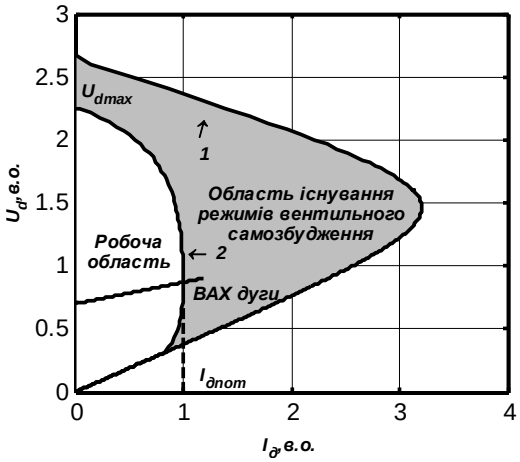

Рис. 2

Отримані вирази дозволяють побудувати зовнішню характеристику автономного зварювального АГ з ВЗ при мінімальному опорі в колі постійного струму, яка обмежує зону стійкої роботи, де гарантовано існуватиме режим вентильного самозбудження (крива *1* рис. 2). Зовнішня характеристика, в кожній точці якої струм статора дорівнює своєму номінальному значенню, визначає робочу область генератора (крива *2*, рис. 2).

Висновки. Отримано залежності, що дозволяють провести розрахунок статичних характеристик автономного зварювального АГ з ВЗ, визначити сукупність робочих точок, для яких гарантовано існує режим вентильного самозбудження, а струм статора не перевищує номінального значення, робочий діапазон ковзання, максимальну напругу холостого ходу $U_{d\,max}$ та номінальний струм зварювання I_{dnom}.

1. *Костенко М.П., Пиотровский Л.М.* Электрические машины. часть II. - М.-Л.: Энергия, 1965. − 704 с.

2. *Мазуренко Л.И., Лищенко А.И.* Асинхронные генераторы с вентильным и вентильно-емкостным возбуждением для автономных энергоустановок. – К.: Наукова думка, 2011. - 271 с.

УДК 621.313.33

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВЕНТИЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ПО Г-ОБРАЗНОЙ СХЕМЕ ЗАМЕЩЕНИЯ

Мазуренко Л.И., докт.техн.наук**, Романенко В.И.**, **Джура А.В.**, канд.техн.наук,
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Рассмотрена Г-образная схема замещения автономного сварочного асинхронного генератора с вентильным возбуждением, в которой для описания преобразователя использована переменная емкость и активные сопротивления. По значению тока и напряжения цепи постоянного тока с использованием характеристики холостого хода генератора определяется индуктивное сопротивление контура намагничивания. Из уравнения баланса активных мощностей получено аналитическое выражение для скольжения генератора, что позволило провести расчет рабочих характеристик. Определено значение минимального сопротивления цепи постоянного тока и предельное скольжение генератора, что дало возможность рассчитать множество рабочих точек, для которых ток статора не превышает своего номинального значения, определить рабочий диапазон скольжения, максимальное напряжение холостого хода и номинальный ток сварки. Библ. 2, рис. 2.

Ключевые слова: автономный асинхронный генератор с вентильным возбуждением, статическая характеристика, схема замещения.

STEADY-STATE ANALYSIS OF WELDING STAND ALONE INDUCTION GENERATOR WITH INVERTOR EXCITATION USING EQUIVALENT CIRCUIT MODEL

Mazurenko L.I., Romanenko V.I., Dzura O.V.,
Institute of Electrodynamics of National Academy of Science of Ukraine,
pr. Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

This paper deals with analysis of welding stand-alone induction generator with inverter excitation using equivalent circuit model. For excitation system representation variable capacitor and two active resistances is used. It's shown to calculate impedance of magnetizing branch it is necessary operate with open circuit characteristic and values of dc side voltage and current. An analytical expression for slip meaning is obtained from active power balance equation that is useful to study generator performance. The formulas give the values of minimum dc side load resistance and the range of sleep for which inverter self excitation appears. It's used to obtain nominal welding current, maximum dc side voltage and operation region where stator current is less than nominal value and stable operation is guaranteed. References 2, figures 2.

Key words: stand alone induction generator with inverter excitation, external characteristics, steady state equivalent circuit.

1. *Kostenko M.P., Piotrovskii L.M.* Electric machinery. Part II. – Moskva-Leningrad: Energiia, 1965. − 704 p. (Rus)

2. *Mazurenko L.I., Lishchenko A.I.* Induction generator with inverter and capacitor-inverter excitation for stand alone application. – Kyiv: Naukova dumka, 2011. - 271 p. (Rus)

Надійшла 10.01.2012
Received 10.01.2012