

УДК 621.3.07

¹ Волков В.О., ² Рудім Б.Ю.

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310сп НУ «Запорізька політехніка»

ДОПУСТИМЕ НАВАНТАЖЕННЯ ГІДРОГЕНЕРАТОРА ПРИ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОМУ СТРУМІ СТАТОРА

Якщо форма кривої статора генератора відрізняється від синусоїдальної, що наприклад має місце при роботі на випрямне навантаження, в генераторі виникають додаткові втрати, що визивають підвищений нагрів його обмоток. Для визначення цих втрат проводиться гармонічний аналіз кривої струму і визначаються амплітуди вищих гармонік струму I_v в долях основної гармоніки.

Діюче значення гармонік струму I_v залежить від параметрів схеми зі сторони живлення випрямлячів змінним струмом і може бути обчислено з достатнім наближенням за формулою:

$$I_v = \frac{k_v}{v} \cdot \frac{I_1}{\sqrt{1 + (I_1 \cdot x_v)^2}} \quad (1)$$

де x_v – приведений індуктивний опір схеми живленні для v -ї гармоніки у відносних одиницях ($k_v=1$ для $v=5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25$ у 6-ти фазній схемі та для $v=11, 13, 23, 25$ у 12-ти фазній схемі; $k_v=0,2$ для $v=5, 7, 17, 19$ у 12-ти фазній схемі).

Розрахунок приведенного опору x_v проводиться за схемою заміщення, в якій індуктивний опір трансформаторів, реакторів, індукційних регуляторів, кабелів і повітряних ліній визначаються через відомі опори першої гармоніки $x_v = v \cdot x_1$, а індуктивні опори гідрогенератора $x_v = 0.7 v \cdot x_2$, де коефіцієнт 0.7 враховує вплив підвищеного витиснення струму в колах ротора на реактивний опір струмам зворотної послідовності генератора x_2 .

За відомими значеннями вищих гармонік у кривій струму статора можуть бути обчислені у кіловатах додаткові втрати:

- в обмотці статора

$$\Delta P_{mv} = P_M \cdot \left[\sum I_v^2 + (k_f - 1) \cdot \sum I_v^2 v^2 \right]; \quad (2)$$

- в обмотці збудження

$$\Delta P_{ev} = \frac{1}{2} r_f S_{ном} \cdot \left[k_{f300f} (I_5 + I_7)^2 + k_{f600f} (I_{11} + I_{13})^2 + \right. \\ \left. + k_{f900f} (I_{17} + I_{19})^2 + \dots \right] \cdot \left(\frac{x_d'' - x_l}{x_f} \right)^2; \quad (3)$$

- в демпферної обмотці

$$\Delta P_{Dv} = \frac{1}{2} r_{kd} S_{ном} \cdot \left[k_{f300D} (I_5 + I_7)^2 + k_{f600D} (I_{11} + I_{13})^2 + \right. \\ \left. + k_{f900D} (I_{17} + I_{19})^2 + \dots \right] \cdot \left(\frac{x_d'' - x_l}{x_{kd}} \right)^2. \quad (4)$$

Коефіцієнти додаткових втрат в обмотках статора, збудження і демпферній визначаються з виразів (5.17), (6.116) та (6.117) на с.100 та 152 відповідно з книги: И.А. Глебов Гидрогенераторы. – Л.: Энерго-издат. – 1982г. – 368с.

З умови сталості нагріву обмотки статора максимально допустимий струм статора заданої форми складає

$$I = I_{ном} \sqrt{\frac{P_M (1 + k_f)}{P_M (1 + k_f) + \Delta P_{mv}}}. \quad (5)$$

Максимально допустимий струм в обмотці збудження:

$$i_e = i_{e ном} \sqrt{\frac{P_e}{P_e + \Delta P_{ev}}}. \quad (6)$$

При живленні від синхронного генератора випрямлячів на криву робочої напруги генератора, що відповідає основній гармоніці струму, накладається ряд гармонійних напруг, обумовлених протіканням по обмотці струмів вищих гармонік.

Значення відносного спотворення напруги може бути обчислено за формулою:

$$\Delta U = \Sigma I_v \cdot 0.7 \cdot v \cdot x_2 . \quad (7)$$

Кінцеве максимально допустиме навантаження генератора при несинусоїдальному струмі статора приймається найменше з трьох значень, що визначаються з умови незмінності втрат в обмотці статора, в обмотці збудження і в демпферній обмотці.