

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Г. Иосифьян, чл.-корресп. АН Армянской ССР

Теория самосинхронизирующихся синхронных машин.
 II. Специальные случаи применения синхронизированных
 синхронных машин

(Представлено 15 X 1948)

Работа синхронизированных синхронных машин от амплитудного преобразователя напряжения. Преобразователь напряжения представляет собой коллекторное или какое-либо другое устройство, к двум вращающимся щеткам которого подводится, а с трех точек снимается напряжение, имеющее частоту напряжения возбуждения синхронной машины. Снимаемое с трех точек напряжение подводится к трехфазной обмотке машины. В такой схеме синхронная машина работает в режиме двойного питания напряжения одной и той же частоты.

При повороте щеток на угол θ , основная пространственная волна напряжения, приложенная к трехфазной обмотке синхронной машины, определяется следующими выражениями:

$$\begin{aligned} e_a &= e_\phi \cos \theta \\ e_b &= e_\phi \cos (\theta - 120^\circ) \\ e_c &= e_\phi \cos (\theta + 120^\circ) \end{aligned} \quad (1)$$

Обычно, схема по мощности проектируется так, чтобы обеспечить синхронное движение ротора машины с движением оси щеток. В этом случае угловая скорость вращения щеток равна угловой скорости вращения синхронной машины.

Преобразуя уравнения (1) в соответствии с известными выражениями Эйлера и подставляя их в уравнение (3) предыдущей статьи⁽¹⁾ для e_1 и e_2 , легко заметить, что в векторной форме:

$$\begin{aligned} \bar{E}_1 &= \frac{e_\phi}{2} e^{j\theta} \\ \bar{E}_2 &= \frac{e_\phi}{2} e^{-j\theta} \end{aligned}$$

где e_ϕ — напряжение от преобразователя, действующее на фазу статора синхронной машины. (Падением напряжения в преобразователе пренебрегаем).

Приложенное к синхронной машине напряжение имеет частоту ω , поэтому, при стационарном режиме вращения, операторное уравнение превращается в векторное уравнение при подстановке $p = j\omega$ и $p\theta = \dot{\theta}$ в выражения переходных импеданцев. Следовательно, векторное уравнение, определяющее работу синхронной машины в рассматриваемой схеме, будет иметь вид

$$\bar{E}_t = \bar{I}_f A + \bar{I}_b B + \bar{E}_t C; \quad \bar{E}_b = \bar{I}_f D + \bar{I}_b E + \bar{E}_t F,$$

где величины A, B, C, D, E, F определяются выражениями (6) предыдущей статьи⁽¹⁾.

Если допустить, что \bar{E}_t — напряжение, приложенное к обмотке возбуждения, \bar{V}_t — приложенное к щеткам преобразователя, то решая векторные уравнения, получим значения токов

$$\bar{I}_f = \frac{\left(\frac{\bar{V}_t}{4} e^{j\delta} - C\bar{E}_t\right) E - B \left(\frac{\bar{V}_t}{4} e^{-j\delta} - F\bar{E}_t\right)}{AE - BD}$$

$$\bar{I}_b = \frac{\left(\frac{\bar{V}_t}{4} e^{-j\delta} - F\bar{E}_t\right) A - D \left(\frac{\bar{V}_t}{4} e^{j\delta} - C\bar{E}_t\right)}{AE - BD}$$

и, следовательно,

$$\bar{I}_d = \bar{I}_f + \bar{I}_b, \quad \bar{I}_q = j(\bar{I}_b - \bar{I}_f)$$

по уравнению 4⁽¹⁾

$$\bar{I}_t = \frac{E_t}{z_t} - \frac{3}{2} \frac{j x_{at} \bar{I}_d}{z_t}; \quad \bar{I}_q = \frac{3}{2} \frac{M_{qk} \bar{I}_{qk}}{z_{qk}}$$

Электромагнитный момент для данного случая будет также определяться выражением (7) предыдущей статьи.

Для случая, когда $S = 0$ при заданной частоте, уравнения токов в осях d и q , как легко убедиться, имеют вид:

$$\bar{I}_d = \frac{2 \left(\frac{\bar{V}_t}{4} \cos \delta - c \bar{E}_t\right)}{A+B}$$

$$\bar{I}_q = \frac{\bar{V}_t \sin \delta}{2(A+B)}$$

Пренебрегая величиной \bar{I}_d , вследствие ее малости, можно получить следующую упрощенную формулу для момента:

$$T \approx \frac{3}{2} \frac{x_{at}}{\omega} \bar{I}_q \cdot \frac{\bar{E}_t}{z_t}$$

в виде скалярного произведения двух векторов \bar{I}_q и $\frac{\bar{E}_t}{z_t}$.

Трансформаторный режим синхронизированных синхронных машин. В автоматических схемах, осуществляющих силовое синхронное движение, весьма часто применяются маломощные синхронные машины в схеме параллельного включения в качестве измерительных элементов, воздействующих на усилительное устройство, обеспечивающее плавное изменение числа оборотов, синхронное движение и синхронный поворот других двигателей.

При этом — одна из параллельно включенных синхронных машин возбуждается переменным током, а вторая, соединенная с ней трехфазными обмотками, подключена своей обмоткой возбуждения к усилительному устройству.

Анализ таких схем показывает, что основной величиной, обеспечивающей работу автоматической схемы, является амплитуда и фаза напряжения, снимаемого с обмотки возбуждения второй машины и подаваемого на сетку усилителя.

В общем случае

$$V_{1п} = \varphi(e_{1д}, \delta, \Omega),$$

где $e_{1д}$ — напряжение возбуждения первой машины — „датчика“,

δ — угол рассогласования между роторами обеих машин.

Ω — угловая скорость вращения роторов.

Для определения величины и фазы $V_{1п}$ необходимо найти значение тока $i_{1п}$ в обмотке возбуждения „приемника“; тогда

$$V_{1п} = i_{1п} Z_0,$$

где Z_0 — приведенный к обмотке возбуждения приемника импеданс сетевого трансформатора усилителя.

Значения тока i_1 можно найти лишь в том случае, если в уравнении напряжения для обмотки возбуждения приемника

$$i_1 (z_1 + z_0) + \frac{3}{2} jX_{ат} (i_1 + i_b) = 0$$

будет известна величина i_1 и i_b . Токи i_1 и i_b определяются из совместного решения векторных уравнений обеих синхронных машин и уравнений связи между ними.

Эти уравнения имеют вид:

Для первой машины

$$\bar{E}_1 = \bar{I}_1 A_d + \bar{I}_b B_d + C_d \bar{e}_1$$

$$\bar{E}_b = \bar{I}_1 D_d + \bar{I}_b E_d + F_d \bar{e}_1$$

$$\bar{E}_1 = \bar{e}_1 e^{j\delta}$$

$$\bar{E}_b = \bar{e}_b e^{-j\delta}$$

Для второй машины

$$\bar{e}_1 = \bar{i}_1 A_n + \bar{i}_b B_n$$

$$\bar{e}_b = \bar{i}_1 D_n + \bar{i}_b E_n$$

$$\bar{I}_1 = \bar{i}_1 e^{j\delta}$$

$$\bar{I}_b = -\bar{i}_b e^{-j\delta}$$

где: A, B, D, E, C, F — соответствующие импеданцы.

Решая систему уравнений, находим токи для заданной постоянной угловой скорости

$$\bar{i}_r = \frac{C e^{-j\delta} (E_d + E_n) - (B_n + B_d e^{-j2\delta}) F e^{j\delta}}{(A_d + A_n) (E_d + E_n) - (D_n + D_d e^{j2\delta}) (B_n + B_d e^{-j2\delta})} \bar{e}_t$$

$$\bar{i}_b = \frac{F e^{j\delta} (A_d + A_n) - (D_n + D_d e^{j2\delta}) C e^{-j\delta}}{(A_d + A_n) (E_d + E_n) - (D_n + D_d e^{j2\delta}) (B_n + B_d e^{-j2\delta})} \bar{e}_t.$$

Зная величину токов \bar{i}_r и \bar{i}_b , легко определить величину и фазу \bar{i}_{1n}

$$\bar{i}_{1n} = \frac{\frac{3}{2} j X_{at} (\bar{i}_r + \bar{i}_b)}{Z_{1n} + Z_0}$$

а, следовательно, и входное напряжение на усилителе

$$V_{1n} = i_{1n} Z_0.$$

При анализе других схем с применением синхронных машин необходимо составить аналогичные дифференциальные уравнения в операторной форме и соответствующие уравнения связи в преобразованной системе координат.

Научно-исследовательский институт
Министерства электропромышленности СССР
Москва, 1948. июль.

Ա. Ղ. ԻՈՍԻՖՅԱՆ

Սինխրոնիզացված սինխրոն մեխանիզմների սեռաբյուրեր:

II. Սինխրոնիզացված սինխրոն մեխանիզմների կիրառման հասուկ գեղերը

Սինխրոնիզացված սինխրոն մեխանիզմները աշխատանքը ամսյիտուղային վերափոխիչներին միջոցով. - Հարվածության վերափոխիչը հանդիսանում է կոլեկտորային կամ մի այլ սարք, որի երկու պտտվող քսիչներին տրվում է լարվածություն, իսկ երեք կետերից վերցվում է: Այդ լարվածությունն ունի սինխրոն մեքենայի զրգոխի լարվածության հաճախականությունը:

Երեք կետերից վերցված լարվածությունը մոտեցվում է մեքենայի հոսափազ փաթաթվածքին: Այդպիսի սխեմայում սինխրոն մեքենան աշխատում է միևնույն հաճախականության լարվածության կրկնակի սնման ուժով:

Սինխրոնիզացված սինխրոն մեխանիզմները տրանսֆորմատորային ռեժիմը. - Ուժային սինխրոն շարժումն իրազործող ավտոմատիկ սխեմաներում շատ հաճախ կիրառվում են, դուզանի միացման սխեմայում, որպես այն ուժեղարար սարքի վրա ազդող չափողական էլեմենտներ, որն ապահովում է պտույտների սահուն փոփոխումը, սինխրոն շարժումը և մյուս շարժիչների սինխրոն դարձը:

Չուզանի միացված սինխրոն մեքենաներից մեկը զրգոցվում է փոփոխական հոսանքով, իսկ երկրորդը, որ միացված է նրա հետ հոսափազ փաթաթվածքներով, զրգոխի իր փաթաթվածքով միացված է ուժեղարար սարքին:

Այդպիսի սխեմաների անսլիզը ցույց է տալիս, որ ավտոմատիկ սխեմայի աշխատանքն ապահովող հիմնական մեծությունը հանդիսանում են երկրորդ մեքենայի զրգոցման փաթաթվածքից հանվող և ուժեղարարի ցանցին տրվող լարվածության ամպլիտուդը և ֆազը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. А. Г. Иосифьян. ДАН Армянской ССР, 10, № 1, 1949.