ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XX, № 4, 1967 Серия технических наук

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. А. ШАГИНЯН

ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА ОДНОМАШИННЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ С КОНДЕНСАТОРНЫМ САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ ОБПЧ-К

1. ОБПЧ-К совмещает в одном магнитопроводе две „отдельные" асинхронные машины (рис. 1), одна из которых *1* является приводным двигателем, а другая *2* — асинхронным генератором с конденсаторным самовозбуждением. Каждая „отдельная" машина ОБПЧ-К имеет свою обмотку, помещенную в пазах общего статора: двигатель — обмотку W_1 с числом пар полюсов P_1, генератор — обмотку W_2 с числом пар полюсов P_2. Ротор *3* общий и выполнен в виде короткозамкнутой клетки. Наличие короткозамкнутого ротора придает ОБПЧ-К большую надежность в работе.

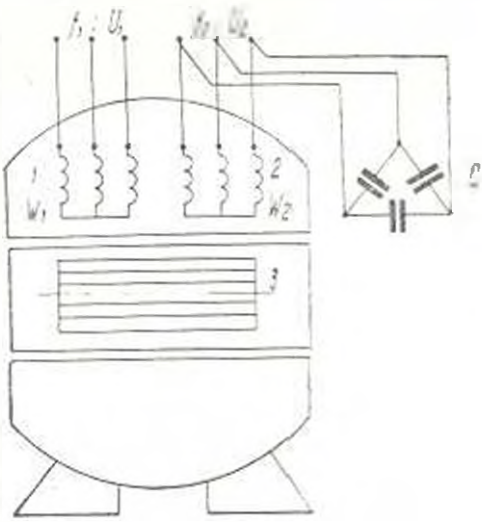

Рис. 1.

Обмотка статора двигателя питается от первичной сети с частотой f_1 и напряжением U_1. Напряжение выходной частоты получается на зажимах обмотки генератора.

Числа пар полюсов обмоток статора и „отдельных" машин преобразователя различны. Они должны быть выбраны из условий:

получения заданной выходной частоты f_2;

отсутствия ненужных взаимоиндуктивных связей между обмотками W_1 и W_2 „отдельных" машин;

магнитной уравновешенности преобразователя.

Известно, что как и всякая другая электрическая машина асинхронная машина с короткозамкнутым ротором обладает способностью обратимости, т. е. может работать как в двигательном, так и в генераторном режимах. И в первом, и во втором случаях потребную для создания магнитных полей реактивную мощность асинхронная машина потребляет из сети. Вследствие этого работа асинхронной машины возможна только при наличии постороннего возбудителя.

Источником реактивной мощности при работе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором в режиме генератора на индивидуальную сеть может служить батарея статических конденсаторов, параллельно присоединенная к статорной обмотке машины. Успехи отечественной промышленности в области химии и конденсаторостроения позволяют существенно уменьшить габариты батареи возбуждающих конденсаторов, что являлось одной из главных причин, тормозящих применение асинхронных генераторов с самовозбуждением.

Батарея статических конденсаторов C, подключенная параллельно статорной обмотке W_2, служит для самовозбуждения асинхронного генератора 2.

При объяснении принципа действия ОБПЧ-К удобнее пользоваться формальным положением о том, что намагничивающая сила (н. с.) каждой „отдельной" машины преобразователя создает в общем магнитопроводе свой „отдельный" магнитный поток — н. с. двигателя создает поток Φ_1 с индукцией в зазоре, равной B_1, н. с. генератора — поток Φ_2 с индукцией B_2 — и что эти потоки действуют независимо. Одновременное действие двух полей в общем магнитопроводе вызывает увеличение н. с. отдельных машин. При объяснении принципа действия ОБПЧ-К увеличением н. с. „отдельных" машин можно пренебречь. Вращающийся магнитный поток двигателя Φ_1, взаимодействуя с током роторной обмотки преобразователя, создает вращающий момент и приводит ротор во вращение со скоростью, близкой к синхронной. Скольжение двигателя S_1, определяемое обычным способом, весьма мало при холостом ходе ОБПЧ-К и может достигать значений 0,03—0,06 при его номинальной нагрузке.

Генератор у ОБПЧ-К возбуждается так же, как и обычный (несовмещенный) асинхронный генератор с конденсаторным самовозбуждением. Скольжение генератора S_2 отрицательно и лежит в тех же пределах, что и S_1.

Выходная частота преобразователя

$$f_2 = f_1 \frac{P_2}{P_1} \frac{1-S_1}{1-S_2}.$$

2. Определение допустимых величин удельных электромагнитных нагрузок „отдельных" машин ОБПЧ-Б, проектируемого с магнитопроводом серийного короткозамкнутого асинхронного двигателя [1, 2, 3] и расчет его выходной мощности может быть произведен с помощью системы основных уравнений преобразователя:

$$\begin{aligned}
&S_{p1} = K_1 n_1 A_1 B_1 D^2 l;\\
&S_{p2} = K_2 n_2 A_2 B_2 D^2 l;\\
&S_{p1} = \eta S_{p2};\\
&K_{rx1}\Delta_1 A_1 + K_{rx2}\Delta_2 A_2 + K_{rz1} B_1^2 + K_{rz2} B_2^2 = P_{\text{вых}};\\
&\frac{A_1}{\Delta_1 \cdot \gamma_{rx1}} = \frac{A_2}{\Delta_2 \cdot \gamma_{rx2}} = \frac{A}{\Delta \cdot \gamma_{rx}}.\\
&B_1 + B_2 = \xi B.
\end{aligned} \tag{1}$$

Здесь: K_1 (K_2) — постоянная величина, зависящая от коэффициентов: полюсного перекрытия, обмоточного и формы кривой поля в зазоре двигателя (генератора);

n_1 (n_2) — синхронная скорость вращения и. с. двигателя (генератора), *об/мин*;

D — диаметр расточки статора, *мм*;

l — расчетная длина машины, *мм*;

γ — коэффициент, учитывающий связь между расчетными мощностями „отдельных" машин;

B_1, B_2, A_1, A_2 — основные гармоники индукций в зазоре и линейные нагрузки генератора и двигателя;

A, B — то же исходного асинхронного двигателя;

Δ_1 (Δ_2) — допустимая плотность тока в обмотке W_1 (W_2);

Δ — то же исходного асинхронного двигателя;

$P_{стат}$ — суммарные потери в меди и стали статора исходного асинхронного двигателя;

K_{cu1}, K_{cu2}, K_{Fe1}, K_{Fe2} — расчетные коэффициенты потерь в меди и стали;

φ_{cu1} (φ_{cu2}) — коэффициент заполнения паза статора медью обмотки W_1 (W_2);

φ_{cu} — то же исходного асинхронного двигателя;

β — расчетный коэффициент индукции.

Для решения системы уравнений (1) ее удобнее представить в относительных единицах в виде:

$$\begin{aligned}
&\Pi_1 = \beta a_1 b_1 D^2 l \delta_1 \frac{\varphi_{cu1}}{\varphi_{cu}};\\
&\Pi_2 = \beta a_2 b_2 D^2 l \delta_2 \frac{\varphi_{cu2}}{\varphi_{cu}};\\
&\Pi_1 = \gamma_1 \Pi_2;\\
&\xi_1 a_1 \delta_1^2 + \xi_2 a_2 \delta_2^2 + \beta^2 B^2 (K_{Fe1} b_1^2 + K_{Fe2} b_2^2) = P_{стат};\\
&a_1 + a_2 = 1;\\
&b_1 + b_2 = 1.
\end{aligned} \tag{2}$$

Здесь:

$$\left.\begin{aligned}
&\Pi_i = \frac{S_{pi}}{K_i n_i A B}; \quad b_i = \frac{B_i}{B}; \quad \delta_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}; \quad a_i = \frac{A_i}{\delta_i A} \frac{\varphi_{cu}}{\varphi_{cui}};\\
&\xi_i = A\Delta \frac{\varphi_{cui}}{\varphi_{cu}} K_{cui}; \quad \gamma_1 = \gamma \frac{K_2 n_2}{K_1 n_1}.
\end{aligned}\right| \quad (i=1,\ 2)$$

Из системы уравнений (2) получим:

$$\Pi_2 = \frac{D^2 l}{B} \frac{b_2 (1 - b_2) \delta_1 \delta_2}{\gamma_1 b_2 \delta_2 + (1 - b_2) \delta_1} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{\gamma_2 \delta_2 b_2 + \xi_3 \delta_1 (1 - b_2)}{[\gamma_1 b_2 \delta_2 + \xi_1 (1 - b_2) \delta_1][K_{Fe1}(1 - b_2)^2 + K_{Fe2} b_2^2]}},$$

где

$$\xi_3 = P_{cmr} - \xi_1 \delta_1^2; \tag{3}$$

$$\xi_4 = P_{cmr.} - \xi_2 \delta_2^2. \tag{4}$$

Решая уравнение

$$\frac{\partial \Pi_2}{\partial b_2} = 0, \tag{5}$$

можно найти то оптимальное значение относительной индукции $b_{2опт}$, при котором может быть получена максимально возможная, при заданных условиях, выходная мощность.

Решение уравнения (5) приводится к виду:

$$u_5 b_2^5 - u_4 b_2^4 + u_3 b_2^3 + u_2 b_2^2 - u_1 b_2 + u_0 = 0, \tag{6}$$

где $u_0 \div u_5$ — постоянные коэффициенты, зависящие от γ_1, δ_1, δ_2, ξ_3, ξ_4, K_{Fe1} и K_{Fe2}.

В частном случае, при $\delta_1 = \delta_2 = 1$ ($\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$), постоянный коэффициент u_5 обращается в нуль и тогда выражение (6) запишется в виде:

$$u_4^1 b_2^4 + u_3^1 b_2^3 + u_2^1 b_2^2 + u_1^1 b_2 + u_0^1 = 0. \tag{7}$$

Решение уравнения (6) производилось на счетно-вычислительной машине М-20. Для различных моделей ОБПЧ-К оптимальная величина относительной магнитной индукции второй машины колеблется в пределах:

$$b_{2опт} = 0{,}4 \div 0{,}6.$$

Меньшие значения соответствуют умножителям частоты, большие значения — делителям частоты.

По найденной величине $b_{2опт}$ можно найти оптимальные значечения остальных неизвестных величин:

$$b_{1опт} = 1 - b_{2опт}; \quad a_{2опт} = \frac{\delta_1 b_{1опт.}}{\gamma_1 \delta_2 b_{2опт} - \delta_1 b_{1опт}};$$

$$a_{1опт} = 1 - a_{2опт}; \quad \xi_{опт} = \frac{\Pi_{опт}}{a_{2опт} b_{2опт} \delta_2 DFl}; \quad \Pi_{1опт} \beta_{опт} a_{1опт} b_{1опт} DFl.$$

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 17.V.1965.

Ն. Ա. ՇԱՀԽԱՆՅԱՆ

ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐԱՅԻՆ ԻՆՔՆԱԳՐԳՌՈՒՄՈՎ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱՆԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉ ՄԻԱՄԻՔԵՆԱՅԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐԸ

Ամփոփում

Հաճախականության կերպափոխիչ միամիքենան բաղկացած է երկու առանձին ասինխրոն մեքենաների համատեղում մեկ մագնիսատարի մեջ (նկ. 1)։ Մեքենաներից մեկը հանդիսանում է շարժիչ, իսկ մյուսը՝ կոնդենսատորային ինքնագրգռումով ասինխրոն գեներատոր։ Հոդվածում նկարագրված է կերպափոխիչ միամիքենայի կառուցվածքը, սխեմաներ և աշխատանքի սկզբունքները։ Տրվում է միամիքենայի տեսակարար էլեկտրամագնիսական բեռնվածքի և ելքի կարողության հաշվարկման եղանակը։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Новокшенов В. С.* Главные размеры двигательно-преобразовательной части асинхронного бесщеточного преобразователя частоты и оптимальное распределение его электромагнитных нагрузок. Известия Томского политехнического института, Томск, т. 98, 1960.
2. *Павлинин В. М., Сиунов Н. С.* Оптимальные размеры и электромагнитные нагрузки одномашинного преобразователя частоты. Известия ВУЗ (Электромеханика), № 12, 1962.
3. *Нерсесян В. С.* Определение главных размеров одномашинных бесконтактных преобразователей частоты. Тезисы докладов межвузовской научно-технической конференции по преобразованию частот и фаз в технике сильных токов г. Иваново, 1964.