

УДК 621.548

Ю.Н.Перминов, канд.техн.наук, И.В.Буденный (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

Некоторые режимы работы асинхронного генератора

В статье рассмотрены условия самовозбуждения асинхронного генератора, показан выбор емкости конденсаторов, необходимой для самовозбуждения.

Ключевые слова: асинхронный генератор, реактивный ток, автономный источник энергии.

У статті розглянуто умови самозбудження асинхронного генератора, показано вибір ємності конденсаторів, необхідної для самозбудження.

Ключові слова: асинхронний генератор, реактивний струм, автономне джерело енергії.

Если скорость вращения ветроколеса будет выше скорости вращения поля n_1 , то асинхронная машина переходит в режим генератора. В этом случае скольжение становится отрицательным, направление вращения поля относительно ротора изменится на обратное, в отличие от работы машины в режиме двигателя [1]:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}, \quad (1)$$

где n_1 – скорость вращения поля; n – скорость вращения ротора.

При этом направление ЭДС, тока в проводниках и знак момента на валу также изменится на обратное. В этом режиме машина работает как генератор, знак момента на валу становится тормозящим по отношению к моменту ветротурбины, и машина отдает энергию в сеть. При работе машины в режиме генератора скольжение определяется пределом от $S = 0$ до $S = -\infty$.

Асинхронные генераторы, получающие возбуждение из сети посредством вращающегося поля, могут работать, в частности, только в параллельном соединении с синхронными генераторами. Предположим, что токи этих двух машин равны I_a и I_s , причем ток из сети равен I . Ток сети I будет равен геометрической сумме токов синхронного и асинхронного генераторов:

$$I = I_s + I_a. \quad (2)$$

На рис. 1 показано геометрическое сложение этих двух токов для частного случая, когда ток

сети совпадает по фазе с напряжением U .

Предположим, что ток асинхронного генератора I_a отстает от U на угол φ_a , а возбуждение синхронного генератора SM установлено такое, что его ток I_s опережает U на угол φ_s .

Если для какого-либо частного случая токи I_s и I_a будут равны и углы фаз также равны φ_s и φ_a , то при условиях на рис. 1 получится равенство реактивных слагающих тока синхронного и асинхронного генераторов:

$$I_{0a} = I_{0s}. \quad (3)$$

Несмотря на чисто активную нагрузку сети, ток асинхронного генератора I_a отстает по фазе относительно напряжения сети U . Асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором может работать только с отстающим по фазе током, т.к. для его возбуждения требуется реактивный ток.

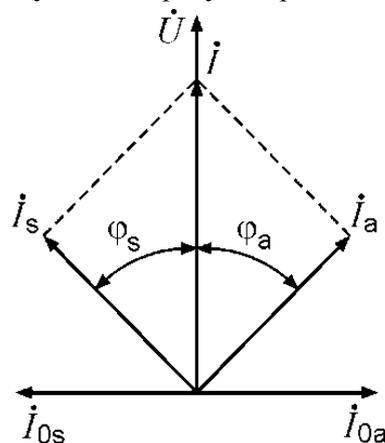


Рис. 1.

Синхронный генератор посылает в сеть активную составляющую тока для покрытия приходящей на этот генератор мощности сети и также посылает реактивную составляющую тока I_{0s} , равную реактивной составляющей тока I_{0a} асинхронного генератора. В условиях, изображенных на рис. 1, синхронный генератор генерирует не только активный ток I_{0a} , но и реактивный ток I_{0s} , равный реактивному току I_{0a} , создающему вращающийся поток асинхронного генератора. Таким образом, синхронный генератор питает реактивным током асинхронный генератор. Векторная диаграмма на рис. 1 относится к случаю, когда активная нагрузка распределяется поровну между обеими машинами, но можно, разгружая синхронную машину, всю активную нагрузку сети перенести на асинхронный генератор (рис. 2).

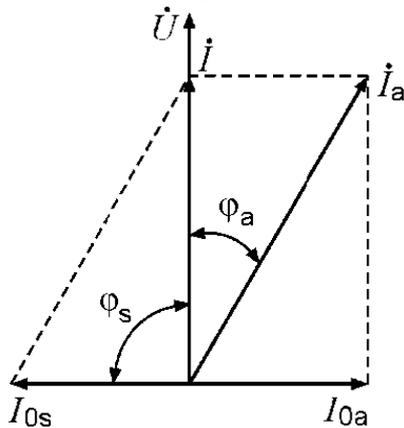


Рис. 2.

В этом случае (рис. 2) синхронная машина будет посылать только реактивный ток I_s . Роль синхронной машины в данном случае сводится лишь к тому, чтобы питать реактивным током (3) статор асинхронного генератора.

В этом случае синхронная машина может быть механически отсоединена от вращающегося его двигателя и может работать как перевозбужденный синхронный двигатель, вращающийся вхолостую и питающий реактивным током статор асинхронного генератора.

Достоинством асинхронных генераторов является то, что эти машины, работая с синхронными генераторами, не имеют "качаний", так как асинхронный генератор, работая асинхронно, допускает колебания скорости в определенных пределах и не подвержен опасности выпадения из синхронизма, что имеет место в синхронных

генераторах. Еще одно достоинство асинхронного генератора в том, что при коротких замыканиях и уменьшении в связи с этим напряжения сети почти до нуля асинхронный генератор автоматически теряет свое возбуждение, и ток короткого замыкания становится равным нулю. Ток короткого замыкания составляет $(4...10) I_H$, где I_H – номинальный ток генератора, но не представляет собой опасности, так как весь процесс затухания тока протекает быстро, не превышая одного-двух периодов.

Внеся усложнения в схему, можно использовать асинхронную машину в качестве автономного источника энергии, включив параллельно конденсаторы необходимой емкости.

Для самовозбуждения асинхронного генератора необходимо наличие остаточного магнетизма в стали машины [2] после пребывания ее в намагниченном состоянии. Остаточный магнитный поток ротора наводит в статорной обмотке ЭДС холостого хода E_0 . Этот поток имеет незначительную величину [3], поэтому величина ЭДС определяется величиной в несколько вольт. Процесс самовозбуждения является ключевым в обеспечении работоспособности машины.

Подключение параллельно конденсаторов позволяет увеличить реактивный емкостной ток. Ток, протекая по статорным обмоткам, вызывает увеличение магнитного потока и ЭДС E_0 [3].

При этом необходимо правильно выбрать величину емкости конденсаторов [3]:

$$C = \frac{K \cdot I_H}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot U_{\Phi 0}}, \quad (4)$$

где K – отношение тока холостого хода двигателя к номинальному I_H , выбираемое в пределах $0,25...0,6$ в зависимости от мощности генератора; I_H – номинальный ток статорной обмотки; $U_{\Phi 0}$ – фазное напряжение; f_0 – стандартная частота напряжения.

При выборе емкости конденсаторов автономного асинхронного генератора составлена таблица [3] результатов расчета величины возбуждающей емкости, соединенной треугольником для четырехполюсных асинхронных машин различной мощности при номинальном линейном напряжении $U_H = 220$ В.

Если номинальное линейное напряжение генератора U_H отличается от 220 В, то в этом случае величина фазной емкости должна быть изменена по сравнению с табличными данными в обратном отношении квадратов напряжений, т.е. она может быть вычислена по формуле:

$$C = C_{\text{табл.}} \cdot \left(\frac{220}{U_H} \right)^2, \quad (5)$$

где $C_{\text{табл.}}$ – емкость, определенная по таблице; U_H – номинальное линейное напряжение генератора.

Если соединение конденсаторов треугольником не представляется возможным и необходимо перейти к соединению звездой, то емкости, указанные в таблице, следует увеличить в три раза.

Выводы. 1. Достоинством асинхронных генераторов является то, что эти машины, работая с

синхронными генераторами, не имеют "качаний", т.к. асинхронный генератор не подвержен выпадению из синхронизма.

2. При коротком замыкании сети ток короткого замыкания асинхронного генератора становится равным нулю.

3. Для самовозбуждения автономного асинхронного генератора необходим правильный подбор емкости параллельно включенных конденсаторов – это одно из условий.

1. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины, часть вторая. – М-Л-С. – С. 247.

2. Шиндер К.И. Асинхронные машины. ГОНТИ. – М-Л., 1938. – С. 172.

3. Иванов А.А. Асинхронные генераторы. – Л., Госэнергоиздат. – 1948. – С. 18.

УДК 621.548

А.М.Донець (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Аналіз існуючих видів вітродизельних систем

У статті розглядається класифікація вітродизельних енергосистем. Аналізуються основні компоненти системи з урахуванням їх переваг та недоліків.

Ключові слова: вітроелектрична установка, асинхронний генератор, синхронний генератор, автономна вітродизельна електросистема.

В статье рассматривается классификация ветродизельных энергосистем. Анализируются основные компоненты системы с учетом их преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: ветроэлектрическая установка, асинхронный генератор, синхронный генератор, автономная ветродизельная электросистема.

Розвиток електричних систем з централізованою подачею енергії призвів до занепаду багатьох децентралізованих енергетичних систем. Проте є райони, де відсутнє централізоване енергопостачання. Крім того, у зв'язку з віддаленістю і високою вартістю прокладки ліній електропередач під'єднання до них є економічно нераціональним. Для локального енергозабезпечення віддалених споживачів доцільно використовувати дизельні системи, оскільки вони мають відносно просту структуру і є достатньо надійними. Але у

зв'язку зі стрімким зростанням цін на дизельне паливо, включаючи транспортні витрати у віддалені райони, які часто є домінуючим фактором витрат, бажано використовувати вітродизельні системи при належних кліматичних умовах, що дає можливість знизити вартість генерованої електроенергії.

Можливі два основні методи роботи системи: з безперервною або переривчастою роботою дизеля [2]. Кожен метод має переваги і недоліки. Найпростішим методом інтеграції енергії вітру в