

УДК 621.313

В.П. Попов, доцент, канд. техн. наук,**И.Н. Турлюн, студент***Севастопольский национальный технический университет**Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***АВТОНОМНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ
ВРАЩЕНИЯ**

Анализируется возможность получения постоянной частоты переменного тока при изменяющейся скорости вращения генератора.

Проблема получения постоянной частоты переменного тока, при изменяющейся скорости вращения генератора, является в настоящее время весьма актуальной в связи с неуклонным ростом автономных источников электрической энергии.

Решение такой задачи возможно несколькими принципиально отличными методами.

Первый из этих методов предусматривает наличие между приводным двигателем и генератором (как правило, синхронным) промежуточного устройства, способного преобразовать переменную скорость вращения вала приводного двигателя в постоянную. Такие промежуточные устройства представляют из себя систему гидро- и электромагнитных муфт, работающих при широком изменении скорости вращения с низким кпд.

Второе решение также требует наличия промежуточного звена. Однако, в отличие от первого метода, это промежуточное устройство устанавливается в электрической цепи.

Роль устройства сводится к преобразованию переменной частоты синхронного генератора, вращающегося с переменной скоростью, в постоянную частоту переменного тока.

При использовании наиболее простого преобразователя частоты со звеном постоянного тока теряется одно из основных преимуществ синхронного генератора – генерирование реактивной мощности в автономную сеть. Использование же преобразователя частоты с непосредственной связью значительно усложняет схему автономного генератора.

Возможность получения постоянной частоты переменного тока непосредственно от генератора, вращающегося с переменной скоростью, рассмотрена в статье. В качестве генератора использован асинхронный генератор. Автономная работа асинхронного генератора возможна в том случае, если обеспечено его самовозбуждение. Схема замещения нагруженного самовозбуждающегося асинхронного генератора изображена на рисунке 1.

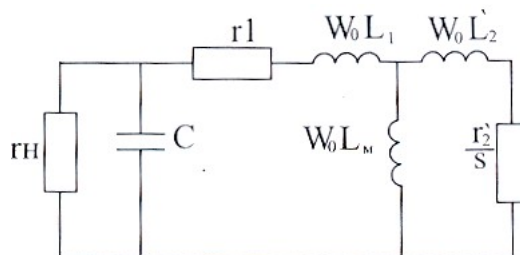


Рисунок 1 – Схема замещения автономного асинхронного генератора:

r_H – сопротивление нагрузки; r_1 – активное сопротивление фазы статора; r'_2 – приведенное активное сопротивление фазы ротора; $\omega_0 L_1$ – индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора; $\omega_0 L'_2$ – индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора (приведенное); $\omega_0 L_m$ – индуктивное сопротивление намагничивания; C – емкость возбуждающих конденсаторов

Пренебрегая значениями r_1 , $\omega_0 L_1$, $\omega_0 L'_2$, которые незначительно влияют на физические процессы в асинхронном самовозбуждающемся генераторе, можно прийти к очень простой схеме замещения автономного асинхронного генератора, изображенной на рисунке 2.

Существуют два условия возникновения незатухающих электрических колебаний, справедливые для такого идеализированного генератора.

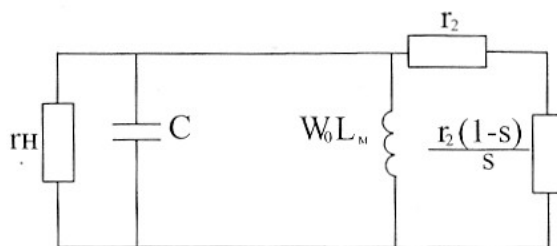


Рисунок 2 – Упрощенная схема замещения автономного асинхронного генератора

1. Сумма активных проводимостей параллельных ветвей схемы замещения равна нулю

$$g_1 + g_2 + g_3 + g_4 = 0, \quad (1)$$

где $g_1 = \frac{1}{r_n}$; $g_2 = 0$; $g_3 = 0$; $g_4 = \frac{s}{r_2'}$.

Выражая скольжение (s) через скорость вращения магнитного поля статора (n_0) и скорость ротора (n), равенство (1) можно представить как

$$\frac{1}{r_n} + \frac{n_0 - n}{n_0 \cdot r_2'} = 0.$$

2. Сумма реактивных проводимостей параллельных ветвей равна нулю

$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = 0, \quad (2)$$

где $b_1 = 0$; $b_2 = -\omega_0 C$; $b_3 = \frac{1}{\omega_0 L_\mu}$; $b_4 = 0$;

тогда $-\omega_0 C + \frac{1}{\omega_0 L_\mu} = 0$.

Из первого условия находится частота генерируемых колебаний (f_0) от скорости вращения ротора и нагрузки

$$f_0 = \frac{r_n \cdot p \cdot n}{60 \cdot (r_2' + r_n)}, \quad (3)$$

где p – число пар полюсов. Из этого выражения легко определяется закон изменения сопротивления в роторе асинхронного генератора при условии постоянства частоты генерируемых колебаний f_0 при изменении нагрузки или скорости вращения

$$r_2' = r_n \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) = r_n \left(\frac{p \cdot n}{60 \cdot f_0} - 1 \right). \quad (4)$$

Из (2) и (3) можно определить величину индуктивного сопротивления машины, т.е.

$$L_\mu = \frac{900(r_2' + r_n)^2}{r_n^2 \cdot n^2 \cdot \pi^2 \cdot C}. \quad (5)$$

Используя (5) и кривую намагничивания генератора, можно для любого значения скорости и нагрузки найти величину, соответствующую напряжению на статоре асинхронного генератора.

Из формулы (4) видно, что для поддержания постоянства частоты переменного тока на статоре автономного асинхронного генератора необходимо добавочное сопротивление в роторе согласно этому выражению. Однако практическое построение схемы автономного асинхронного генератора по этому принципу было бы не экономичным, так как потери в роторе пропорциональны скольжению (s), и, следовательно, при значительном s кпд асинхронного генератора будет мал.

Применение в схеме автономного генератора асинхронного вентильного каскада позволяет, за счет возвращения энергии скольжения в автономную сеть, значительно повысить к.п.д. генераторной установки.

Схема замещения самовозбуждающегося генератора с асинхронным вентильным каскадом показана на рисунке 3.

Тогда первое условие возникновения незатухающих колебаний запишется в виде:

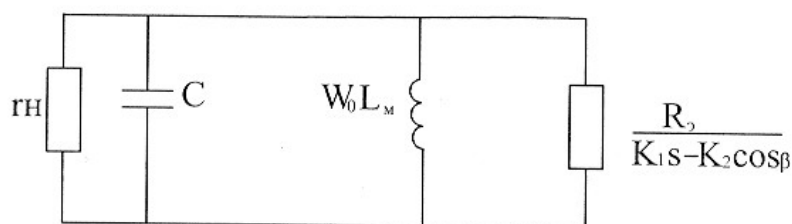


Рисунок 3 – Упрощенная схема замещения автономного асинхронного генератора, выполненного на основе асинхронного вентильного каскада:

$R_3 = r'_2 + r_d + r_T$, r_d – активное сопротивление в звене постоянного тока;

r_T – сопротивление фазы трансформатор инвертор; β – угол опережения отпирания

вентилей инвертора; K_1 – коэффициент схемы выпрямителя; K_2 – коэффициент

$$\frac{1}{r_n} + \frac{K_1 \left(\frac{n_0 - n}{n_0} \right) - K_2 \cos \beta}{R_3} = 0. \quad (6)$$

Из (6) находится зависимость частоты генерируемых колебаний функции скорости вращения ротора и нагрузки в автономном генераторе, выполненном на основе асинхронного вентильного каскада:

$$f_0 = \frac{r_n K_1 n p}{60(R_3 + K_1 r_n - K_2 r_n \cos \beta)}. \quad (7)$$

Тогда зависимость изменения угла опережения вентилей инвертора от скорости вращения ротора и нагрузки при постоянной генерирующей частоте запишется как

$$\beta = \arccos \frac{f_0 \cdot 60 R_3 + f_0 \cdot r_n \cdot K_1 - r_n \cdot K_1 \cdot n \cdot p}{K_2 \cdot r_n}. \quad (8)$$

На основе (8) можно сделать вывод, что автономный асинхронный генератор, выполненный на основе асинхронного вентильного каскада, может генерировать постоянную частоту переменного тока при широко изменяющихся скорости вращения приводного двигателя и электрической нагрузки.

Библиографический список

1. Иванов А.А. Асинхронные генераторы для гидроэлектростанций небольшой мощности/ А.А. Иванов. — М.: Госэнергоиздат, 1948. — 137 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. — Л.: Энергия, 1974. — 841 с.

Поступила в редакцию 16.11.2006 г.