

УДК 621.311

С.Ф.Артюх,  
А.Ю.Мезеря,  
Д.В.Ириков

Украинская инженерно-  
педагогическая академия

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АГ НА МИНИ ГЭС МОЩНОСТЬЮ ДО 1000 КВТ**

В течение последних лет, как в нашей стране, так и за рубежом, теоретические исследования и практический опыт показывают перспективы применения на малых и мини гидроэлектростанциях самовозбуждающихся асинхронных генераторов в качестве автономных источников электроэнергии малой мощности (до 1000 кВт).

Применение АГ долгое время сдерживалось в основном по двум причинам: из-за отсутствия малогабаритных силовых конденсаторов, обеспечивающих возбуждение генератора и компенсацию реактивной мощности нагрузки, а так же из-за сложности стабилизации выходного напряжения.

В отличие от синхронных генераторах, которые применяются на мощных ГЭС, асинхронные генераторы не подвержены опасностям выпадения из синхронизма. Однако асинхронные генераторы не получили широкого распространения, что объясняется рядом их недостатков по сравнению с синхронными генераторами.

Одним из существенных недостатков асинхронных генераторов является значительная реактивная мощность, потребляемая ими из сети. Величина этой мощности пропорциональна намагничивающему току  $I_0$  и может достигать 50% и более от номинальной мощности машины [1].

Из этого следует, что для работы 2-3 асинхронных генераторов необходимо использовать один синхронный генератор такой же мощности, что и мощность одного асинхронного генератора.

Если же асинхронные генераторы работают параллельно на общую сеть с несколькими синхронными генераторами, то большая величина реактивной мощности возбуждения асинхронных генераторов значительно понизит коэффициент мощности всей электрической сети.

Асинхронный генератор может работать и в автономных условиях, т.е. без включения в общую сеть. Но в этом случае для получения реактивной мощности, необходимой для намагничивания генератора, используется батарея конденсаторов, включенных параллельно нагрузке на выводы генератора.

Наряду с техническими и эксплуатационными характеристиками генераторов, одним из основных критериев выбора типа генератора для гидроэлектростанции малой мощности является также и стоимостные показатели генераторов и сопутствующих их устройств (системы возбуждения и стабилизации напряжения и частоты). Особенно это актуально при реконструкции, модернизации и восстановлении существующих, но находящихся в аварийном состоянии мини и малых ГЭС. Так как затраты на реконструкцию гидротехнических сооружений, здания станции и главной электрической схемы, практически не отличаются и в малой степени зависят от типа гидрогенератора, то решающим значением при сравнении технико-экономических показателей, будет выбор типа гидрогенератора (синхронный, асинхронный или генератор постоянного тока).

В статье мы попытались выяснить какой тип генератора будет наиболее экономически оправдан при различных мощностях агрегата.

При расчете стоимости генераторов был проведен анализ стоимостных показателей оборудования основных ведущих производителей России, Украины и ряда зарубежных фирм. Цены на генераторы определялись путем нахождения среднего значения для различных типов генераторов от различных производителей. Стоит заметить, что ценовая политика различных производителей отличается в пределах 3-5%, что делает нашу выборку репрезентативной [3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12].

При расчете стоимости учитывались системы возбуждения синхронных генераторов (СГ), конденсаторные батареи асинхронных генераторов (АГ), необходимых для самовозбуждения, а также генераторы постоянного тока (ГПТ) без учета инвертора, стоимость которого составляет, в зависимости от типа и мощности, порядка 50% стоимости ГПТ.

На рис. 1 представлена графическая зависимость рыночной стоимости генераторов различных типов в зависимости от их мощности. Цена электрических машин указана в относительных единицах, где 1о.е.=1000руб.

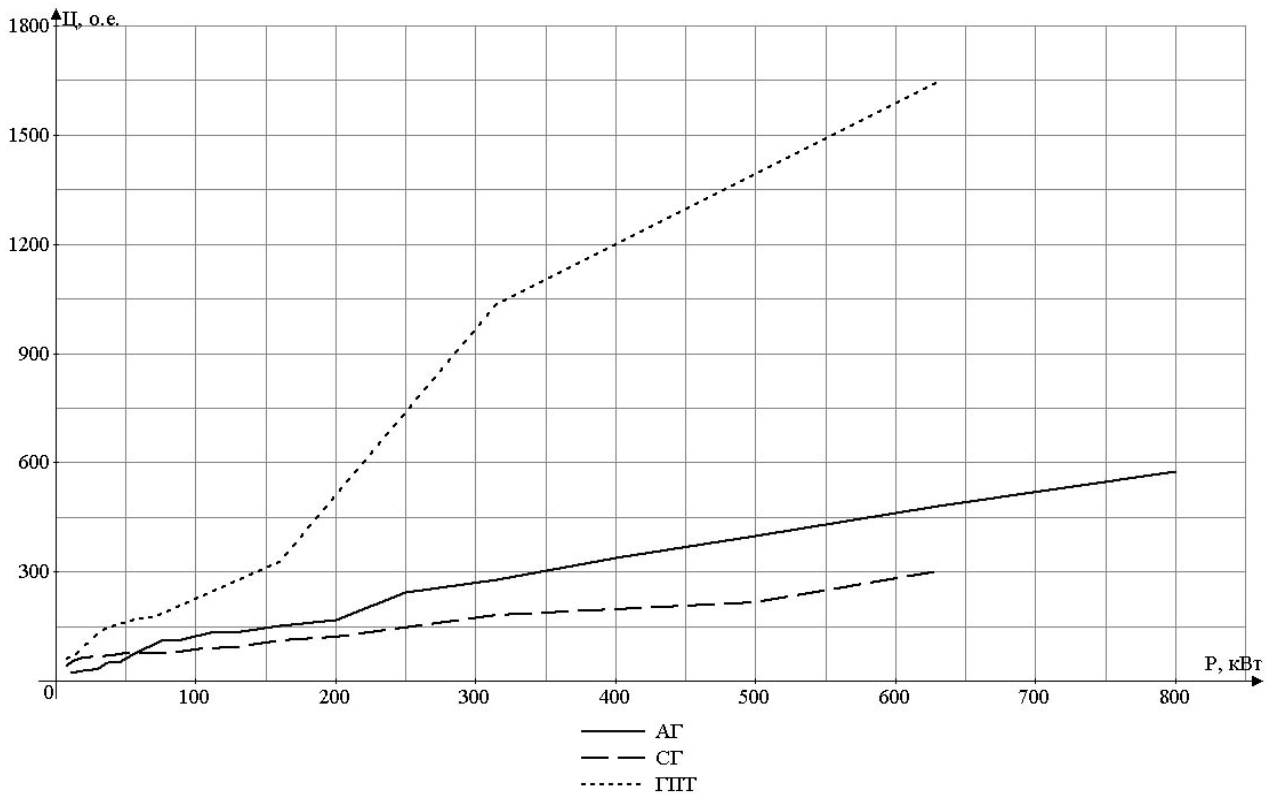


Рис. 1. Зависимость стоимости генераторов от их мощности

Анализ данного экономического сравнения показывает, что применение ГПТ является наименее оправданным и подтверждается отсутствием данных генераторов на станциях рассматриваемого типа. Особенно это будет проявляться, если учесть стоимость инверторов и дополнительных сглаживающих фильтров для обеспечения необходимого качества электроэнергии.

На рис. 2 показан фрагмент выше показанной зависимости для диапазона малых мощностей. Отсюда видно, что использование АГ экономически оправдано при мощности генератора до 50 кВт, при большей мощности экономически оправдан СГ. В ли-

температуре [2] наиболее целесообразным по технико-экономическим соображениям рекомендуется применять асинхронные генераторы мощностью не более 20 кВт. По нашему мнению данная разница в мощностях АГ, рекомендуемых к применению связана с тем, что в последнее время проблема с громоздкими и дорогими конденсаторами возбуждения отошла на второй план, поскольку созданы высокоэффективные пленочные самовосстанавливающиеся конденсаторы серии К78-17, которые по своим технико-экономическим показателям превосходят конденсаторы предыдущих серий. Такое качественное улучшение характеристик конденсаторов создало предпосылки для расширения области применения АГ с конденсаторным самовозбуждением. Данный график подтверждает тенденцию использования АГ на ветроэнергетических установках, где при малых мощностях ветроагрегата АГ превосходят СГ по ряду технико-экономических показателей [7, 8].

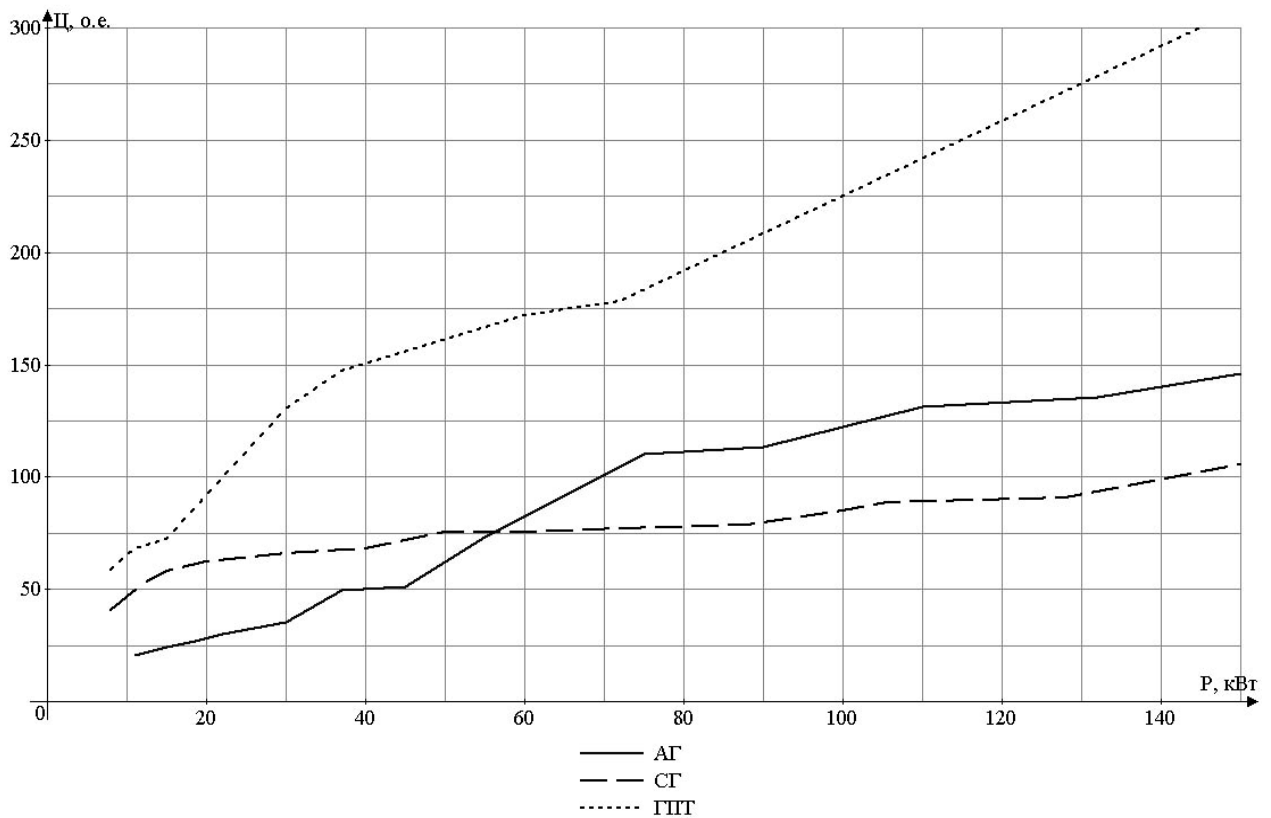


Рис. 2. Фрагмент зависимости стоимости генераторов от их мощности

Характер зависимости стоимости генераторов от мощности объясняется зависимостью массы генераторов от мощности (см. рис. 3.). На малых мощностях массы СГ больше, т.к. якорь СГ на этих мощностях больше ротора АГ по причине полюсности. На больших мощностях площадь рамки ротора АГ должна быть большой для создания необходимого магнитного потока, обеспечивающего заданную мощность. В связи с этим размеры ротора АГ значительно превышают размеры якоря СГ, где такой зависимости нет, а размеры машины определяются токами статора. Значение мощности, при которой массы СГ и АГ равны, составляет порядка 90 кВт.

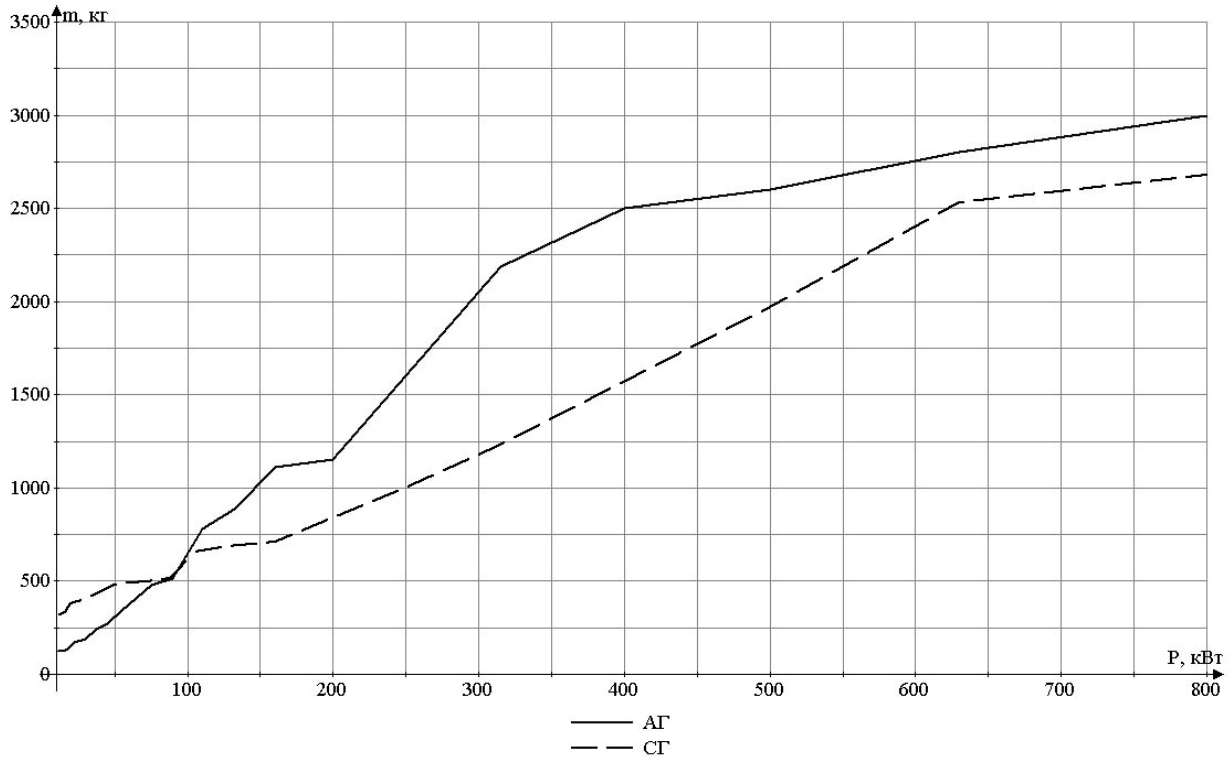


Рис. 3. Зависимость массы генераторов от их мощности

Данный расчет носит чисто экономический характер и не учитывает технических особенностей работы АГ и СГ в автономном режиме и на сеть, что необходимо учитывать при полном технико-экономическом анализе. Для окончательного ответа на вопрос о целесообразности применения АГ для малых ГЭС, необходимо провести полное сравнение технических характеристик АГ и СГ в различных режимах работы генераторов. Сюда относится изменение напряжения и частоты на выходе генератора при пульсациях расхода и напора на МГЭС, а также при режимных изменениях расхода. Этот вопрос требует тщательной проработки, т.к. на МГЭС малой мощности может быть использован упрощенный регулятор, в связи с чем, точность поддержания частоты вращения гидроагрегата и его мощности ниже, чем у крупных ГЭС.

#### Выводы:

1. Выбор типа генератора, а следовательно и стоимость капитальных вложений, является определяющим при проектировании, реконструкции и восстановлении малых и микро ГЭС.
2. Генераторы постоянного и их системы стабилизации напряжения и частоты являются наиболее дорогостоящими и являются экономически неоправданными для применения на малых и микро ГЭС.
3. Использование АГ экономически оправдано при мощности генератора до 50 кВт, при большей мощности экономически оправдан СГ.
4. Значение мощности, при которой массы СГ и АГ равны, составляет порядка 90 кВт.

#### Литература:

1. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. – 400 с.

2. Поярков М.Ф. Сельские электрические станции и подстанции / государственное издательство сельхоз. Лит., Москва – 1954. – 400 с.
  3. [www.ruselprom.ru](http://www.ruselprom.ru) (СГ)
  4. [www.powerunit.ru](http://www.powerunit.ru) (СГ)
  5. План-проспект продукции Харьковского электромеханического завода ХЭМЗ.
  6. [www.power-m.ru](http://www.power-m.ru) (АГ)
  7. [www.esa-energo.ru](http://www.esa-energo.ru) (ККУ)
  8. [www.elec.ru](http://www.elec.ru) (ККУ)
  9. [www.eldin.ru](http://www.eldin.ru) (АГ)
  10. [www.profenergy.ru](http://www.profenergy.ru) (СГ фирмы Endress)
  11. [www.ukrindustrial.com](http://www.ukrindustrial.com) (СГ серии ECC5, Электротяжмаш)
  12. [www.electroprojekt.ru](http://www.electroprojekt.ru) (ГПТ)
- 
- 

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АСИНХРОНИХ ГЕНЕРАТОРІВ  
НА МІНІ ГЕС ПОТУЖНІСТЮ ДО 1000 КВТ

С.Ф.Артюх, А.Ю.Мезеря, Д.В.Іріков

*Проведен економічний аналіз можливості використання на міні ГЕС генераторів різних типів в залежності від їх потужності.*

ECONOMIC ASPECTS OF APPLICATION ASYNCHRONOUS GENERATORS  
ON MINI GES BY POWER TO 1000 KVT

S.F.Artyukh, A.Yu.Mezerya, D.V.Irikov

*The economic analysis of possibility of the use is conducted on mini GES generators of different types depending on their power*