



АСИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ ПІКО- І МІКРО-ГЕС

Розглянуто особливості регулювання і ряд схемних рішень асинхронних генераторів, що можуть бути використані при створенні піко- та мікрогідроелектростанцій.

У загальному об'ємі електроенергії, що виробляється відновлюваними джерелами енергії технологічно розвинутих країн світу, гідроелектростанціям (ГЕС) належить найбільша частка. Така ситуація, як прогнозується, збережеться і надалі в найближчі роки.

В залежності від потужності розрізняють великі, малі, міні-, мікро- та піко-ГЕС. На відміну від великих (> 25–30 МВт), будівництво малих і особливо міні- (до 1 МВт), мікро- (до 100 кВт), та піко- (до 10 кВт) ГЕС не потребує великих капіталовкладень і довгих термінів будівництва. Необхідно зазначити, що єдиної загальносвітової класифікації ГЕС за їх потужністю не існує і наведені цифри можуть дещо відрізнятись від країни до країни.

Через високу надійність і простоту обслуговування в піко- і мікро-гідроелектростанціях доцільно застосовувати асинхронні генератори (АГ) з короткозамкненим ротором. В той же час цей тип генераторів має деякі особливості, які не-

обхідно враховувати для енергоефективного і надійного функціонування ГЕС.

Асинхронні генератори з короткозамкненим ротором, крім того що вони є безконтактними машинами, мають ряд інших переваг перед синхронними генераторами (СГ) з електромагнітним збудженням. Так, на ГЕС з АГ, на відміну від ГЕС з СГ, може не використовуватись регулятор швидкості гідротурбіни, регулятор збудження генератора (для АГ з нерегульованою системою збудження), збуджувач постійного струму, пристрій синхронізації і ряд захисних засобів [4]. Проте, в порівнянні з синхронними машинами, асинхронні мають меншу переважувальну здатність та є споживачами реактивної потужності. Необхідно зазначити також, що якщо порівнювати вартість АГ з конденсаторами збудження і СГ, то АГ є більш дешевим в діапазоні потужностей до 50–55 кВт [3].

Величина реактивної потужності, яку споживає АГ, залежить від його параметрів і параметрів навантаження. При паралельній роботі з мережею для компенсації реактивної потужності ємність конденсаторів в колах статора АГ повинна змінюватись за певними законами. Для спрощення системи генерування ця ємність, як правило, обирається сталою і часто дещо меншою, ніж та, що необхідна для самозбудження (Рис. 1).

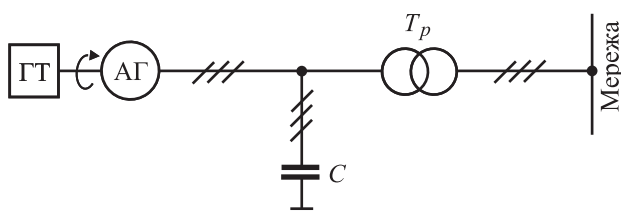


Рис. 1.

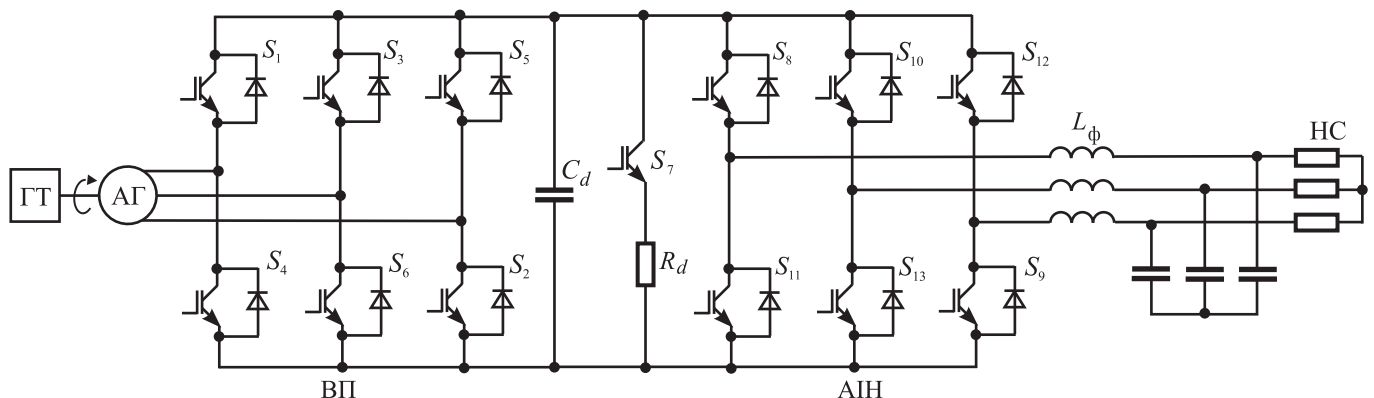


Рис. 2.

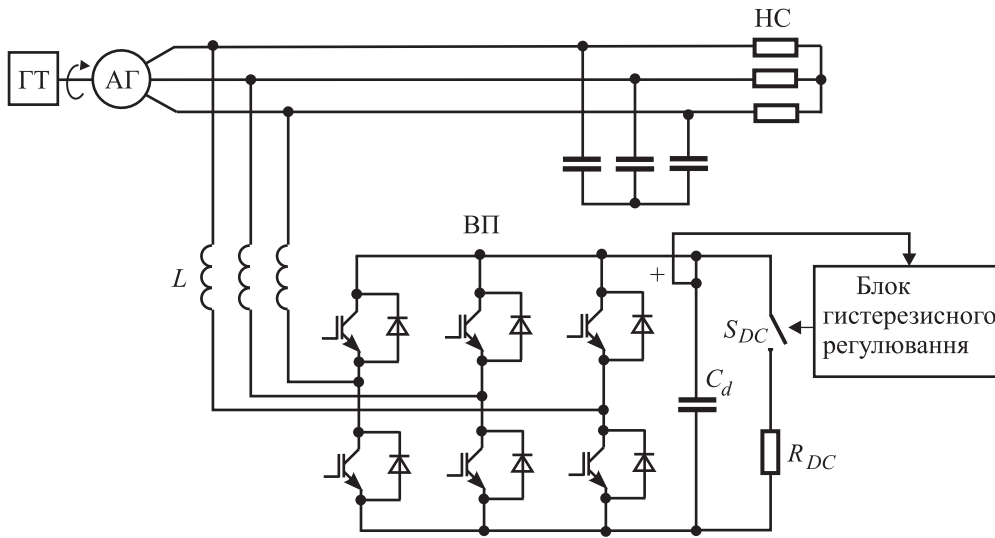


Рис. 3.

Складною є задача керування асинхронними генераторами в ГЕС, які функціонують автономно від централізованої мережі. Для таких АГ необхідно стабілізувати навантаження за допомогою баластних резисторів, використовувати керовані системи збудження (СЗ), а також за необхідності мати додатковий перетворювач напруги. До керованих систем збудження відносять і батарею конденсаторів, утворену з певної кількості секцій, що можуть дискретно підключатись до АГ. Але на даний час це рішення є технічно застарілим. Натомість сучасні СЗ доцільно конструювати на основі вентильних (напівпровідникових) або вентильно-конденсаторних регуляторів [1, 2]. Деякі з найбільш відомих схемних рішень автономних АГ з напівпровідниковими регуляторами в колах статора, які можуть бути використані в автономних піко- чи мікро-ГЕС, зображені на Рис. 2–4.

В схемі Рис. 2 навантаження споживачів НС живиться стабілізованою за діючим значенням і частотою трифазною напругою від автономного інвертора напруги АІН. Цей АІН формує напругу відповідно принципу широтно імпульсної модуляції, яка після згладжування $L_{\phi}C_{\phi}$ фільтром стає близькою до синусоїдної. Вентильний перетворювач ВП виконаний також по схемі АІН, є складовою генератора, тобто вентильною системою збудження, яка забезпечує його реактивною потужністю і стабілізує випрямлену напругу на конденсаторі C_d . Ключ S_7 регулює струм через баластний резистор R_d , якщо необхідно зменшити швидкість обертання гідротурбіни (ГТ), від якої обертається АГ. Частота і напруга такої автономної ГЕС не залежать від частоти обертання ГТ за

умови відсутності перевантажень з боку споживачів, які б призводили до аварійних режимів роботи генеруючої частини і його приводу. При технічній реалізації ГЕС відповідно Рис. 2 можна використовувати турбіни без регуляторів частоти обертання. Розглянуте рішення придатне як для мережевих, так і автономно працюючих ГЕС.

Перспективно використання такої ГЕС без АІН. У цьому випадку вона включає ГТ, АГ з ВП і при необхідності баластний резистор R_d . При живленні споживачів на боці постійного струму генератор працює зі змінною частотою обертання і стабілізацією напруги на конденсаторі C_d . На клеммах безпосередньо генератора напруга стабілізована по амплітуді, а частота змінна. Резистор R_d відсутній. Якщо споживачі підключені на клемах змінної напруги генератора, то частота обертання генератора, а відповідно і частота напруги підтримується незмінною R_d . Сумарна потужність, що споживається R_d і споживачами, повинна бути незмінною.

В системі, що зображена на Рис. 3 [7] збудження АГ відбувається одночасно від батареї конденсаторів та вентильного перетворювача, виконаного по схемі автономного інвертора напруги. Генератор підключений до ВП через індуктивності L . За допомогою баластного резистора R_{DC} розсіюється надлишок енергії в системі. При постійній величині напору води АГ за будь-яких навантажень працює навколо однієї точки механічної характеристики, яка відповідає номінальній частоті напруги. Якщо початкове самозбудження генератора здійснюється від батареї конденсаторів, то доцільно використовувати фазове регулювання ВП. Частотний принцип регулювання використовується за умови, що конденсатори не забезпечують самозбудження АГ. Способи початкового самозбудження генератора для такого випадку відомі [1].

Керування за допомогою баластного резис-



тора здійснюється і для АГ, який живить однофазне навантаження [6]. Схема силової частини зазначеного АГ зображена на Рис. 4. Генератор має несиметричну конденсаторну систему збудження і електронний контролер баластного навантаження, який підключається на ту ж фазу обмотки статора, що і навантаження споживачів. Принципи підключення конденсаторів C_A і C_B описано в [1]. Контролер баластного навантаження R_D підтримує постійну потужність навантаження генератора при коливаннях навантаження споживачів. Завдяки цьому діюче значення напруги і її частота залишаються практично незмінними при постійній величині напору води.

Як джерело реактивної потужності АГ в автономних ГЕС можна застосовувати і синхронний генератор. В таких системах величина напруги підтримується регулятором збудження СГ, а частота – баластним резистором. Для зменшення завантаження СГ реактивним струмом передбачають конденсатори [5].

При об'єднанні міні- і мікро-ГЕС з асинхронними генераторами в автономну мережу змінного струму, необхідно створювати централізований пункт керування, який би здійснював контроль за розподілом потужностей між окремими генераторами. Якщо ж об'єднувати генератори по колу постійного струму з наступним інвертуванням напруги споживачу, то при цьому обмін реактивною енергією між генераторами виключається і задача керування розподілом потужностей між ГЕС в автономній системі спрощується. Це є суттєвою перевагою мереж постійного струму.

Висновки

Розглянуто особливості перспективних схемних рішень і регулювання асинхронних генераторів автономно працюючих мікро- та піко-ГЕС. При створенні автономних ГЕС з асинхронними генераторами для спрощення керування є

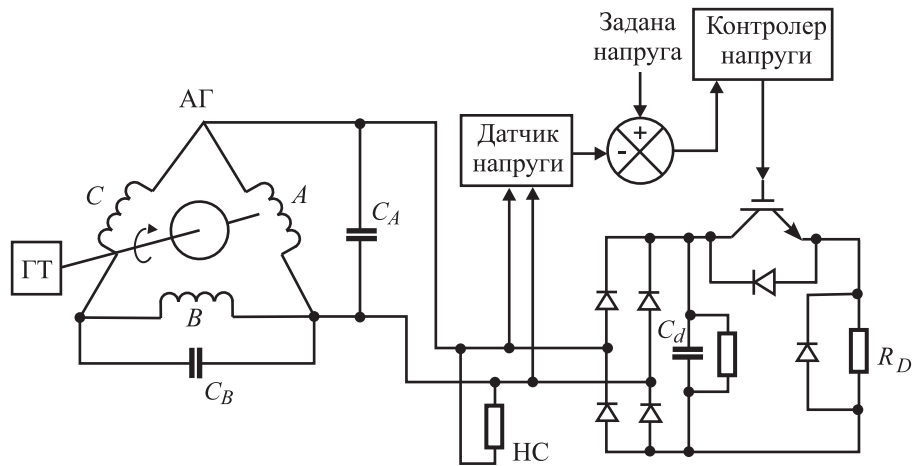


Рис. 4.

доцільним їх об'єднання по колу постійного струму, що досягається використанням АГ з вентильним збудженням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мазуренко Л.И., Лищенко А.И. Асинхронные генераторы с вентильным и вентильно-емкостным возбуждением для автономных энергоустановок. – Київ.: Наук. думка, 2011. – 272 с.
2. Мазуренко Л.И., Романенко В.И., Джура О.В. Передаточная функция автономного асинхронного генератора с вентильным збудженням // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. Тем. випуск "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика". – Кременчуцький національний університет. – 2012. – № 3/19. – С. 412–415.
3. Артюх С.Ф., Мезеря А.Ю., Ириков Д.В. Экономические аспекты применения асинхронных генераторов на мини-ГЭС мощностью до 1000 кВт //Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №3. – С. 68–72.
4. Лежнюк П. Д., Никиторович А. В., Нгома Жан-Пьер Компенсация реактивной мощности асинхронных генераторов на малых гидроэлектростанциях //Наукові праці ВНТУ, Енергетика и электротехника. – 2008. – № 2. – С. 1–7.
5. Ion C. P., Marinescu C. Control of parallel operating micro hydro power plants 2010 /12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM 2010. – 2010. – P. 1204–1209.
6. Singh B., Murthy S. S., Gupta S. Analysis and design of electronic load controller for self-excited induction generators // IEEE Trans. on Energy Conversion. – March 2006. – Vol. 21, № 1. – P. 285–293.
7. Marra E. G., Pomilio J. A. Self-excited induction generator controlled by a VS-PWM bidirectional converter for rural applications // IEEE Trans. on Industry Appl. – Jul. / Aug. 1999. – Vol. 35, № 4. – P. 877–883.

