

ГАЗО – ВЕТРОЭНЕРГОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

В.В.БИРЮК, доктор технических наук
Самарский государственный аэрокосмический университет
им. акад. С.П. Королева, г. Самара
Р.А.СЕРЕБРЯКОВ, кандидат технических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства», г. Москва
Ю.И. ЦЫБИЗОВ, доктор технических наук
Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова, г. Самара
Л.П. ШЕЛУДЬКО, кандидат технических наук
Самарский государственный технический университет, г. Самара

Изложен принцип работы и конструктивное решение вихревой газо-ветроэнергетической установки для выработки электроэнергии за счет использования отработанных газов от газоперекачивающих агрегатов и кинетической энергии ветра.

Газоперекачивающий агрегат, потери электроэнергии, газотурбинные энергоагрегаты, энергия ветра, вихревая ветроэнергетическая установка, отработавшие газы, комбинированный газо-ветроэлектроагрегат.

Для обеспечения собственных электрических нужд на каждой из сотен компрессорных станций (КС), оснащенных газоперекачивающими агрегатами (ГПА), затрачивается около 1,5 – 2,5 МВт электрической мощности. Электроснабжение КС производится от высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП), удаленных от них на десятки и даже сотни километров. При этом потери при транспорте и трансформации централизованно поставляемой электроэнергии обычно составляют от 10 до 15 % от электроэнергии, потребляемой на собственные нужды КС, и достигают в стране значительных величин.

Для повышения надежности и возможности обеспечения аварийного электроснабжения на всех КС установлены специальные аварийно- резервные газотурбинные энергоагрегаты [3].

В условиях непрерывного роста цен на централизованно поставляемую электроэнергию и повышения себестоимости транспорта газа целесообразно стремиться к сокращению или даже к ликвидации зависимости КС от поставок внешней дорогой электроэнергии.

При этом одно из возможных направлений – оснащение газотурбинных КС высокоэкономичными газотурбинными или парогазовыми энергоустановками собственных нужд с отказом от низкоэкономичных аварийных энергоустановок. Но этот путь потребует больших капитальных затрат.

Второй путь – выработка электроэнергии для обеспечения собственных нужд КС с использованием энергии ветра. Но большинство из лопастных ветрогенераторов, установленных на башнях высотой 30–40 м с длиной лопаток ветроколеса 4–5 м и горизонтальной осью развивают мощность порядка 800–1000 кВт при средней скорости ветра в 5–7 м/с. Удельные капиталовложения в эти ветрогенераторные установки находятся на уровне 1200 – 1400 \$/кВт. Высокая стоимость и возможность получения требуемой мощности только в районах с высокими ветровыми нагрузками определяют их малую эффективность для обеспечения собственных нужд КС.

Значительно меньшую стоимость имеют вихревые ветроэнергетические установки [1, 2, 4–9]. В их гиперболическом корпусе (статоре) происходит образование закрученного воздушного потока, подобного природному смерчу, обладающего значительным запасом кинетической энергии.

В приосевой, центральной области вихря, сформированного в статоре, давление понижено относительно внешнего атмосферного давления. Благодаря этому в восходящий смерчеобразный столб всасывается дополнительная масса воздушного потока. В ветроколесе этой ветрогенераторной установки, имеющей вертикально расположенную ось, кинетическая энергия воздушного потока преобразуется в механическую работу, используемую для выработки электроэнергии.

Вихревые установки, при значительно меньшей скорости ветра (2–3 м/с) и одинаковых площадях, ометаемых ветроколесом, могут развивать примерно в пять раз большую мощность, чем лопастные ветроэнергетические установки с горизонтальной осью.

Из сбросных труб газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций ежесекундно выбрасываются в атмосферу миллионы килограмм отработавших газов со скоростями около 20 м/с и температурой до 400 °С.

Вместе с тем, кинетическая энергия уходящих газов ГПА сравнительно невелика и практически не позволяет напрямую использовать их значительный энергетический потенциал для выработки электроэнергии и обеспечения собственных нужд КС. При увеличении скорости кинетической энергии уходящих газов произойдет повышение сопротивления выхлопного тракта и снижение эффективного КПД газоперекачивающих агрегатов.

Цель исследований – создание энергетических установок для собственных нужд КС путем разработки новых типов комбинированных газо-ветроэлектроагрегатов вихревого типа с вертикальной осью и возможностью эффективного использования в них энергетического потенциала потоков отработанных газов ГПА и кинетической энергии набегающего потока ветра.

Материалы и методика исследований. В зависимости от расхода и температуры выхлопных газов газовых турбин ГПА электрическая мощность газо-ветроэнергетических установок даже в безветренную погоду может составлять от 80 до 200 кВт. Причем с увеличением

скорости ветра в них происходит повышение вихревого эффекта и, соответственно, мощности установки.

Результаты исследований. На рис.1 изображена принципиальная схема движения в вихревой газо-ветроэнергетической установке потоков отходящих газов ГПА и атмосферного воздуха. Установка этого типа снабжается входным завихрителем воздушного потока, вызывающим его вихревое движение с увеличением тангенциальной скорости, созданием разрежения в осевой части вихря и ускорением движения сбросного потока газов ГПА. Предварительно подкрученный поток газов, выходящий из выхлопной трубы ГПА, поступает в центральную часть цилиндрического статора установки и смешивается с воздушным потоком, ускоряясь вместе с ним.

За счет того, что в осевой части статора газо-ветроэнергетической установки развивается небольшое разрежение относительно атмосферного давления, в выходном тракте установки не будет происходить увеличения газодинамического сопротивления выхлопного тракта, снижения эффективного КПД газовой турбины или уменьшения мощности ГПА.

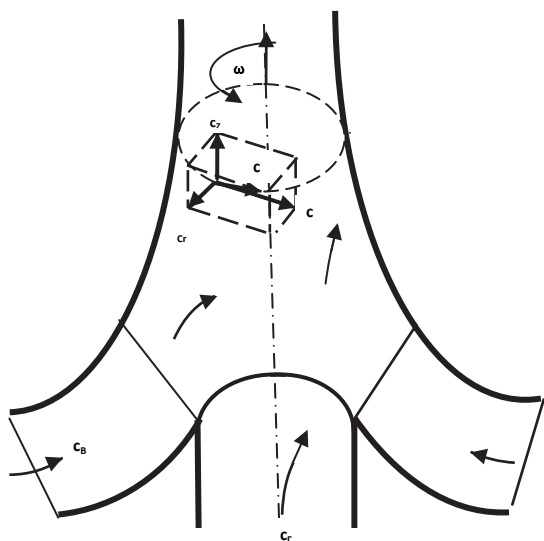


Рис.1.Схема газовой и воздушной смеси в статоре установки: СВ, СГ – скорости воздушного и газового потоков на входе в газо-ветроустановку; С – абсолютная скорость газовой смеси у стенки статора; Сx, Cy, Cz – проекции скорости С на оси координат; ω и z – тангенциальная и осевая скорости газовой смеси

Если на периферии гиперболического статора преобладает тангенциальная составляющая скорости закрученного газовой смеси, то в его центральной части происходит значительное увеличение осевой скорости потока.

Важно, что при увеличении скорости ветра в газо-ветроэнергетической установке возрастает вихревой эффект, сопровождающийся увеличением скорости и расхода газовой смеси и вызывающий повышение ее мощности.

Конструктивная схема газо-ветроэнергетической установки приведена на рис.2. Корпус установки имеет гиперболическую форму и установлен с воздушным зазором над выхлопной трубой ГПА.

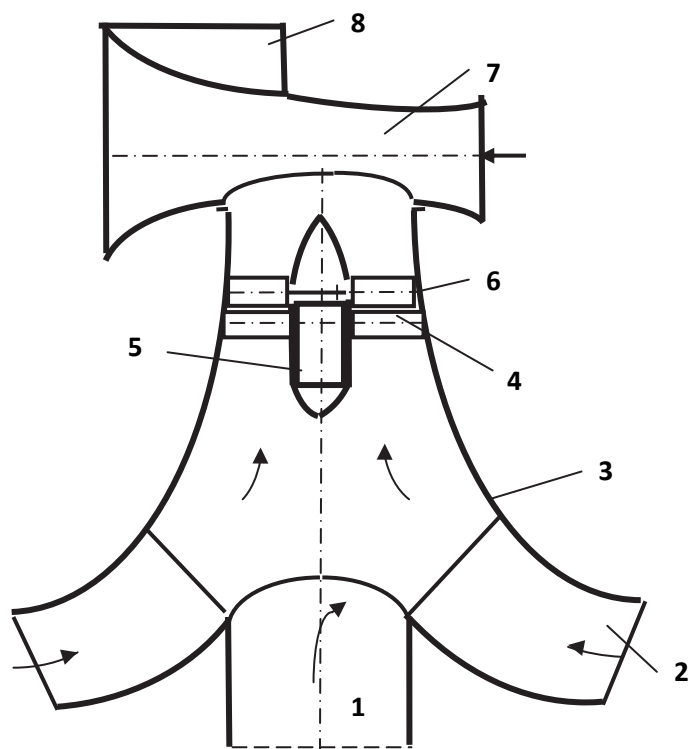


Рис.2
Принципиальная схема
газо-ветроэнергетической
установки ГПА:

- 1 – выхлопная труба ГПА;
- 2 – криволинейные воздушные каналы;
- 3 – гиперболический статор;
- 4 – направляющий аппарат;
- 5 – электрогенератор;
- 6 – лопатки осевой турбины;
- 7 – труба Вентури;
- 8 – флюгер

Воздушный ветровой поток с помощью криволинейных направляющих лопаток 2 завихривается с увеличением его тангенциальной скорости и поступает в гиперболический статор установки 3, где смешивается с предварительно закрученными газами, выходящими из выхлопной трубы 1 ГПА. Ускоренный в гиперболическом корпусе установки газозвушной поток с помощью направляющего аппарата 4 подается на лопатки осевой турбины 6, приводящей во вращение электрогенератор 5. Над выходной частью статора 3 на подшипниках установлена труба Вентури, создающая дополнительное разрежение в верхней части корпуса установки. С помощью направляющей пластины 8 (флюгера) труба Вентури устанавливается по направлению ветра и способствует увеличению мощности осевой турбины 6 и электрогенератора 5.

Выводы. Рассмотренный принцип и конструктивная схема газо-ветроэнергетической установки дают возможность достаточно эффективно использовать для выработки электроэнергии энергию отходящего потока газов ГПА и кинетическую энергию набегающего воздушного потока.

При этом для нее характерны следующие положительные качества:

- увеличение скорости и кинетической энергии газо-воздушного потока;
- увеличение массового расхода через осевую турбину;
- разбавление горячих выхлопных газов ГПА потоком воздуха, снижение температуры газо-воздушной смеси и уменьшения в них концентрации вредных веществ, что позволяет уменьшить высоту выхлопных труб ГПА;

- в результате применения трубы Вентури в выхлопной трубе ГПА создается небольшое разрежение, приводящее к уменьшению гидравлических потерь в выходном тракте и повышению эффективного КПД газовой турбины при той же мощности ГПА;
- за счет обеспечения автономного электроснабжения собственных нужд повысится надежность работы КС магистральных газопроводов – главный положительный фактор;
- в случае установки на ГПА газо-ветроэнергетических агрегатов и сохранения централизованного электроснабжения, существенно снизятся затраты на покупку электроэнергии у внешних поставщиков, или появится возможность сокращения потребления топливного газа аварийно-резервными газотурбинными энергоагрегатами.

Принципиально, газо-ветроэнергетическими установками такого типа может быть оборудована значительная часть ГПА КС, находящихся на больших расстояниях от электростанций и транзитных высоковольтных ЛЭП.

Список литературы

1. Бирюк В.В. Вихревые энергетические системы для транспорта / В.В. Бирюк. – Самара: Известия СПЦ РАН «Перспективы и направления развития транспортной системы, 2007. – С.167– 171.
2. Бирюк В.В. Вихревые энергетические установки / В.В. Бирюк, Р.А. Серебряков // Тр. 7-й Междунар. науч.–техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – М.: ВИЭСХ, 2010.– Ч.4. – С.248–252.
3. Конвертирование авиационных ГТД и газотурбинные установки наземного применения / [Гриценко Е.А., Данильченко В.П., Лукачев С.В. и др.]. – Самара: СПЦ РАН, 2004. – 266с.
4. Серебряков Р.А. Вихревая ветроэнергетическая установка / Р.А. Серебряков, В.В. Бирюк // Сб. «Ракетно-космическая техника». Серия XII. – Самара, 2000. – С. 48– 73.
5. Серебряков Р.А. Вихревая энергетика / Р.А. Серебряков // Науч.тр. ВИЭСХ.– 2000. – Т. 86.– С. 80– 92.
6. Серебряков Р.А. Вихревая энергетика / Р.А. Серебряков, А.Б. Калинин // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. – 2001. – №11. – С.28– 29.
7. Серебряков Р.А. Некоторые вопросы теории вихревой энергетика / Р.А. Серебряков // Науч.–тр. ВИЭСХ. – 1999. – Т. 85.– С. 34–54.
8. Серебряков Р.А. Практическое применение вихревого эффекта / Р.А. Серебряков, В.В. Бирюк // Конверсия. – 1994. – №10. – С. 19–20.
9. Serebryakov R.A. Vortex effect – vortex technologies / R.A. Serebryakov , V.V. Biryuk // Research in Agriculture Electric Engineering.– 2013. – V.4, №4. – P. 74– 78.

Викладено принцип роботи і конструктивне рішення вихрової газо-вітроенергетичної установки для вироблення електроенергії за рахунок використання відпрацьованих газів від газоперекачувальних агрегатів і кінетичної енергії вітру.

Газоперекачувальний агрегат, втрати електроенергії, газотурбінні енергоагрегати, енергія вітру, вихрова вітро-

енергетична установка, відпрацьовані гази, комбінований газо-вітроелектроагрегат.

In this paper the principle and design solution and vortex gas-wind turbine to generate electricity through the use of the effluent gas the gas compressor units and the kinetic energy of the wind.

Gas compressor unit, loss of electricity, gas-turbine power units, wind energy, whirling wind power plant, exhaust, combined gas-electric generation wind.

УДК 621.311.001.57

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ СПОТВОРЕНЬ КРИВОЇ СИНУСОЇДАЛЬНОЇ НАПРУГИ ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ

А.М.ГЛАДКИЙ, кандидат фізико-математичних наук

Розроблено автоматизовану систему моделювання багаточастотних детермінованих і випадкових коливань із кратними частотами. Система дозволяє визначати форму, огинаючу і фазу детермінованих коливань, їх залежності від спектрального складу і початкових фаз гармонік, статистичні характеристики випадкових сумішей з кратними середніми частотами.

Електроенергія, якість, гармоніки, спотворення напруги, модель.

Питання якості електричної енергії набуває все більш важливого значення у зв'язку з її дефіцитом та підвищенням вартості [8]. У той же час, при розподілі, перетворенні і споживанні електроенергії мають місце погіршення показників якості, у т.ч. спотворення форми синусоїдальних струмів і напруг.

Основними джерелами спотворень є випрямлячі, зварювальні апарати, індукційні печі, двигуни постійного струму, перетворювачі постійного струму у змінний, сучасні електроспоживачі з нелінійною вольт-амперною характеристикою (офісна техніка, енергозберігаючі джерела світла, регулюючі тиристорні пристрої і перетворювачі частоти) та ін. [1, 7, 9, 10]. Оцінки спотворень проводять відповідно до вимог діючого в Україні ГОСТ 13109-97 шляхом вимірювань і відповідних обчислень коефіцієнтів n -ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$ та спотворення синусоїдальності кривої міжфазної (фазної) напруги K_U [6]. Ці коефіцієнти характеризують відносний та відносний сумарний рівні вищих гармонік відповідно і не дають уявлення про реальні спотворення синусоїдальності напруги. Дослідження спотворень аналітичними методами є досить громіздкими і не завжди можливими [2, 3].

© А.М.ГЛАДКИЙ, 2015