

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

POWER ENGINEERING PROBLEMS

ENERGETİKANIN KOMPLEKS PROBLEMLƏRİ * ELEKTROENERGETİKA * İSTİLİK ENERGETİKASI * ELEKTROFİZİKA *
* ELEKTROTEKNOLOGİYA * ENERJİ MƏNBƏLƏRİ * İNFORMATİKA * EKOLOGİYA * XRONİKA

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ * ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА * ЭЛЕКТРОФИЗИКА *
* ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ * ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ * ИНФОРМАТИКА * ЭКОЛОГИЯ * ХРОНИКА

COMPLEX PROBLEMS OF POWER ENGINEERING * THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING *
* THE THERMAL POWER ENGINEERING * ELECTROPHYSICS * ELECTROTECHNOLOGY * ENERGY SOURCES *
* INFORMATICS * ECOLOGY * CHRONICLE

1

2013

CONTENTS

Academician Ch.M.Juvarli – 100	3
---	----------

THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING

Balametov A.B., Halilov E.D. About accounting thyristor-controlled static compensators on calculating steady-state modes of electrical networks.....	4
Nasibov V.Kh. Investigation of energy security by relationship equations of influencing factors.....	13
Farhadzadeh E.M., Farzaliev Y.Z., Muradaliev A.Z. Comparison methods of modeling continuous random variables on empirical distributions.....	25
Bayramov M.P. Calculation of a safe load of a transmission line taking into account heating by solar radiation.....	32
Safarzadeh M., Fattahi F. Study on application of DG systems for damping of oscillations of over distribution electrical network.....	38
Alireza Salimi Rikani. Turbines.....	45

ELECTROPHYSICS

Hashimov A.M., Hasanov M.A., Zakiyeva I.G. Charged state formation in the single-phase zeolites under effect of electric discharges.....	57
Hasanov E.R., Gasimova R.K., Agamalov A.G. Radiation of multivalley and admixture semiconductors in the conditions of internal and external instability.....	61
Muradov A.H., Huseynov T.H., Ismailov I.Q. Impedance spectroscopy of the low current discharge in neon gas in capillary tube.....	67
Veliyev S.I. Study of polymers durability in vacuum and air by the IR spectroscopy method.....	72
Aliyev A.F., Dadashov A.V. Improving the efficiency of water treatment membrane plants use ultraviolet disinfection of water.....	75

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

Aliyev F.F., Hasanova R.A., Hasanov E.R., Huceynov S.I. Use of silver telluride crystals as working materials in ecological alternative sources.....	80
Hashimov A.M., Salamov O.M., Aliyev F.F. Research work to supply private houses in the city of Baku with heat and hot water on account of renewable energy sources.....	88

FROM OPERATING EXPERIENCE

Pirieva N.M. Determination of the main dimensions of the induction step levitator.....	99
Ragimova A.A. Exclusion of ecological polyvinylchloride problem by casting process optimization under the pressure.....	107

CHRONICLE

Anniversary – Mehdizadeh Rauf Nuraddin oglu - 70	109
---	------------

MÜNDƏRİCAT

Akademik Ç.M.Cuvarlı – 100	3
----------------------------------	---

ELEKTROENERGETİKA

Balametov Ə.B., Xəlilov E.D. Elektrik şəbəkələrinin qərarlaşmış rejimlərinin hesablanması tiristorla idarə olunan statik kompensatorların nəzərə alınması haqqında.....	4
Nəsimov V.X. Enerji təhlükəsizliyinin təsir göstərən faktorların qarşılıqlı əlaqə tənlikləri üzrə tədqiq olunması.....	13
Fərhadzadə E.M., Fərzəliyev Y.Z., Muradəliyev A.Z. Fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlərin empirik paylanmalar üzrə modelləşdirilməsi üsullarının müqayisəsi.....	25
Bayramov M.P. Elektrik veriliş xəttinin günəş radiasiyasından yaranan qızmanı nəzərə almaqla, həddi buraxıla bilən yükünün hesablanması	32
Səfərzadə M., Fətəhi F. Paylanmış elektrik şəbəkəsində gərginlik dəyişmələrinin ləğv edilməsi üçün paylanmış genereasiya sisteminin tətbiqi.....	38
Əlireza Salimi Rikani. Turbinlər.....	45

ELEKTROFİZİKA

Həşimov A.M., Həsənov M.A., Zəkiyeva İ.H. Elektrik qazboşalmalarının təsiriərinə məruz qalan birfazlı seolitlərdə elektrik yüklü vəziyyətlərin əmələ gəlməsi.....	57
Həsənov E.R., Qasimova R.K., Ağaməliyev Ə.Q. Coxdərəli və aşqarlı yarımkeçiricilərdə daxili və xarici dayanıqsızlıq halında şüalanma.....	61
Muradov Ə.X., Hüseynov T.X., İsmayilov İ.Q. Kiçik diametrli borularda, neon qazında zəif cərəyanlı elektrik boşalmasının impedans spektroskopiyası.....	67
Вялийев С.И. Полимерларин узунюмрлцйцццн вакуумда вя атмосфердя ИГС цсулу иля юйрянилмяси.....	72
Əliyev A.F., Dadaşov A.V. Suhazırlamada suyun ultrabənövşəyi zərərsizləşdirilməsinin tətbiqi ilə membranlı qurğuların effektivliyinin artırılması.....	75

ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİ

Əliyev F.F., Həsənova R.A., Həsənov E.R., Hüseynov C.İ. Gümüş tellur kristalının ekoloji cəhətdən alternativ enerji mənbələrində işçi material kimi istifadə olunması.....	80
Həşimov A.M., Salamov O.M., Əliyev F.F. Bakı şəhərində yerləşən fərdi yaşayış evlərinin alternativ enerji mənbələrinin hesabına qaynar su və istiliklə təmin olunması imkanlarının araşdırılması.....	88

İŞ TƏCRÜBƏSİNDƏN

Piriyeva N.M. Pilləvari induksion levitatorun əsas ölçülərinin təyini.....	99
Rəhimova A.A. Polivinilxloridin ekoloji problemlərinin həlli üçün optimal təzyiq altında emalin aparılması.....	107

XRONİKA

Yübikey – Mehdişadə Rauf Nurəddin oğlu - 70.....	109
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Академик Ч.М.Джуварлы – 100	3
--	---

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. Об учете тиристорно-управляемых статических компенсаторов при расчетах установившихся режимов электрических сетей.....	4
Насибов В.Х. Исследование энергетической безопасности по уравнениям взаимосвязи влияющих факторов.....	13
Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Сопоставление методов моделирования непрерывных случайных величин по эмпирическим распределениям.....	25
Байрамов М.П. Расчет допустимой нагрузки линии электропередачи с учетом нагрева солнечной радиацией.....	32
Сафарзаде М., Фаттахи Ф. Применение систем распределенной генерации для подавления колебаний в распределенных электрических сетях.....	38
Алиреза Салими Рикани. Турбины.....	45

ЭЛЕКТРОФИЗИКА

Гашимов А.М., Гасанов М.А., Закиева И.Г. Образование заряженного состояния в однофазных цеолитах под воздействием электрических разрядов.....	57
Гасанов Э.Р., Гасимова Р.К., Агамалиев А.Г. Излучение многодолинных и примесных полупроводников в условиях внутренней и внешней неустойчивости.....	61
Мурадов А.Х., Гусейнов Т.Х., Исмаилов И.Г. Импеданс спектроскопия слаботоочного разряда в неоне в трубках малого диаметра.....	67
Велиев С.И. Изучение долговечности полимеров в вакууме и на воздухе методом ИКС.....	72
Алиев А.Ф., Дадашов А.В. Повышение эффективности мембранных установок водоподготовки применением ультрафиолетового обеззараживания воды.....	75

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Алиев Ф.Ф., Гасанова Р.А., Гасанов Е.Р., Гусейнов С. И. Использование кристаллов теллурида серебра в качестве рабочих материалов в экологических альтернативных источниках.....	80
Гашимов А.М., Саламов О.М., Алиев Ф.Ф. Исследования возможности снабжения частных домов, расположенных в г. Баку, горячей водой и теплом за счет альтернативных источников энергии.....	88

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

Пириева Н.М. Определение основных размеров ступенчатого индукционного левитатора.....	99
Рагимова А.А. Исключение экологических проблем поливинилхлорида путем оптимизации процесса литья под давлением.....	107

ХРОНИКА

Юбилей – Мехтизаде Рауф Нуреддин оглы – 70	109
---	-----

AKADEMIK ÇİNGİZ MEHDI OĞLU CUVARLI – 100

Bu ilin may ayının 1-də Azərbaycanda yüksək gərginliklər məktəbinin banisi Çingiz Mehdi oğlu Cuvarlıının anadan olmasının 100 ili tamam olur. Görkəmli alim, texnika elmləri doktoru, professor, Azərbaycan Respublikasının əməkdar elm xadimi, SSRİ-nin fəxri energetiki, Azərbaycan, Ukrayna və SSRİ dövlət mükafatları laureatı, SSRİ Elmlər Akademiyasının P.N. Yabloçkov adına mükafatı laureatı, bir çox təltiflər və mükafatların sahibi Akademik Cuvarlı Respublikada böyük elmi məktəb yaratmışdır.

Ç.M. Cuvarlı əsasən mürəkkəb elektrik şəbəkələrində elektromaqnit proseslərinin hesablanması, ifrat gərginliklər, sənaye və kənd təsərrüfatında texnoloji proseslərə elektrik sahələrinin və elektrik qaz boşalmalarının tətbiqi istiqamətindəki işləri ilə məşhurdur.

Ç.M. Cuvarlıının Azərbaycan alimləri ilə yerinə yetirdiyi elmi-tədqiqat işlərinin diapazonu olduqca geniş sahələri əhatə edir: torpaqlama zamanı əmələ gələn qövs boşalmalarının hesabına yaranan ifrat gərginliklər, dalğavari proseslərin ədədi hesablanması və riyazi modelləşdirmə metodu, müxtəlif tezliklərdə işləyən enerji sistemləri ilə sabit cərəyan paylayıcı qurğularda kommutasiyası zamanı meydana çıxan ferorezonans ifrat gərginliklərin aradan qaldırılması üçün kompleks tədbirlərin işlənməsi və s.

Energetikanın fiziki-texniki problemləri istiqamətində aparılan işlər aşağıdakı məsələləri əhatə etmişdir: bərk, maye və qaz halında olan dielektriklər fizikası, elektrik qaz boşalmalarının tədqiqi, güclü elektrik sahələri ilə materialın yüklü zərrəciklərinin qarşılıqlı təsiri, dielektriklərin və kompozisiyalı materialların həcmində və səthində güclü elektrik sahəsinin və qaz boşalmasının təsiri nəticəsində baş verən fiziki-kimyəvi proseslər, effektiv və ekoloji cəhətdən təmiz texnoloji proseslərin köməyi ilə materialların modifikasiyası və bu fiziki hadisələrin elmi əsaslarının inkişaf etdirilməsi.

İlk dəfə təcrübə olaraq elektromənfi qazlarda mənfi ionların parçalanması hesabına müsbət qeyri-sərbəst tacvari boşalma alınmış, onun yerləşdiyi oblast təyin olunmuş və bu yeni hadisənin xarakteristikləri öyrənilmişdir.

Ç.M. Cuvarlı tərəfindən adsorbentlərin adsorbsiya proseslərinin güclü elektrik sahələrinin təsiri ilə intensivləşdirmə üsulu işlənmişdir. Geniş perspektivliyə malik olan bu üsul kimya sənayesi, neft-qaz sənayesi və digər müvafiq elmi-praktiki sahələr üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Ç.M. Cuvarlı yüzlərlə elmi məqalələrin, onlarca monoqrafiyaların, ali məktəblər üçün metodik vəsaitlərin, müəlliflik şəhadətnamələrinin, elmi populyar yazıların, keçmiş SSRİ-nin Enerji nazirliyi üçün rəhbər-direktiv materialların və bir sıra elmi-kütləvi kitabçaların müəllifidir.

Ç.M. Cuvarlıının rəhbərliyi və məsləhətçiliyi ilə onlarla elmlər namizədi və elmlər doktoru yetişmişdir. Onların sırasında SSRİ-nin müxtəlif bölgələrindən, Polşa, Çexoslovakiya, Çin, Türkiyə və digər ölkələrin mütəxəssisləri olmuşlar.

Ç.M. Cuvarlı elmi şuraların və ixtisaslaşdırılmış müdafiə şuralarının işlərində fəal iştirak etmişdir.

Ç.M. Cuvarlı Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasında dərc olunan “Energetikanın problemləri” jurnalının yaradıcısı və ilk baş redaktoru olmuşdur.

Bu gün akademik Ç.M. Cuvarlıının tələbələri energetikanın fiziki-texniki problemləri üzrə geniş elmi tədqiqat işlərini davam etdirirlər.

Böyük insan və böyük elmi məktəbin yaradıcısı Çingiz Mehdi oğlu Cuvarlıının parlaq xatirəsi, onun tanıyanların qəlbində daim yaşayacaqdır.

УДК 621.311

ОБ УЧЕТЕ ТИРИСТОРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СТАТИЧЕСКИХ КОМПЕНСАТОРОВ ПРИ РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**БАЛАМЕТОВ А.Б., ХАЛИЛОВ Э.Д.***Азербайджанский Научно-Исследовательский и Проектно-Изыскательский институт Энергетики*

Рассмотрены модели тиристорно-управляемых статических компенсаторов при расчетах установившихся режимов электрических сетей. На примере 7-и узлового эквивалентного участка схемы электроэнергетической системы Азербайджана моделировано управление напряжением тиристорно-управляемыми статическими компенсаторами.

Возможность «интеллектуализации» электроэнергетической системы (ЭЭС) в значительной степени определяется техническими средствами активно-адаптивной сети, обеспечивающими её надежность и управляемость. В настоящее время разработан ряд устройств, позволяющих практически безынерционно изменять параметры линии переменного тока и управлять потоком мощности по ней. Существующие средства и методы решают эти проблемы не в полной мере и не всегда оптимально. Линии, оснащенные такими устройствами, получили название гибких линий. Внедрение гибких систем передачи переменного тока (FACTS - Flexible AC Transmission System) приводит к активному участию электрической сети (ЭС) в управлении режимами работы сетей [1-5].

Устройства FACTS делятся на следующие группы:

- устройства компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения, подключаемые к сетям параллельно;
- устройства регулирования параметров сети, подключаемые к сети последовательно;
- устройства продольно-поперечного включения;
- устройства ограничения токов короткого замыкания;
- накопители электрической энергии;
- преобразователи переменного тока в постоянный и постоянного тока в переменный;
- кабельные линии электропередачи постоянного и переменного тока на базе высокотемпературных сверхпроводников.

Широко распространены такие управляемые FACTS, как тиристорно-управляемый последовательный компенсатор (TCSC); статические компенсаторы (СТАТКОМ); объединенный регулятор потока мощности (UPFC); вставка постоянного тока на преобразователях напряжения (HVDC-VSC).

Устройства FACTS позволяют более гибкое управление режимами энергосистемы, предоставляя дополнительные степени свободы для управления потоками мощности и напряжения в контролируемых узлах сети. Основными задачами этой технологии являются: увеличение пропускной способности с учетом допустимой загрузки линий до их тепловой мощности; лучшее использование имеющейся генерации, и удержания отключений от распространения в более широких областях.

Для эффективного управления энергетическими системами нового поколения возникла необходимость обновления большей части задач анализа, планирования и управления электрическими сетями [1, 3, 4].

С целью оценки стационарного состояния сети расчеты установившегося режима (РУР) являются самым популярным видом компьютерных расчетов, выполняемых инженерами по планированию и эксплуатации. Для решения уравнений установившегося режима (УУР) электрических сетей используются многие методы расчетов. Среди них, методы типа

Ньютона-Рафсона с их сильными характеристиками сходимости, оказались наиболее успешными и алгоритмы на их основе были использованы в промышленных программах [1, 3]. В этой связи, представляют интерес расчеты УУР с учетом существующих в настоящее время регулируемых FACTS в ЭЭС [6-8]. В статье рассматриваются модели представления регулируемых статических тиристорных компенсаторов (СТК) при РУР энергосистемы.

Статические тиристорные компенсаторы. СТК применяются для регулирования напряжения, а также для повышения пределов передаваемой мощности по линиям электропередачи. В состав СТК (рис. 1) входит реактор и тиристорный вентиль, образующие тиристорные группы (ТРГ) с плавным регулированием угла зажигания тириستоров. Параллельно с ТРГ подключена конденсаторная батарея (КБ). Подключается к сети высокого напряжения через третичную обмотку низкого напряжения автотрансформатора или через блочный повышающий трансформатор. В настоящее время в мировой практике освоено производство СТК мощностью 50, 100, 160 МВА 11-15.75 кВ. Мировые производители (Siemens, ABB, Areva и др.) выпускают СТК с единичной мощностью 50-500 МВА напряжением до 35 кВ.

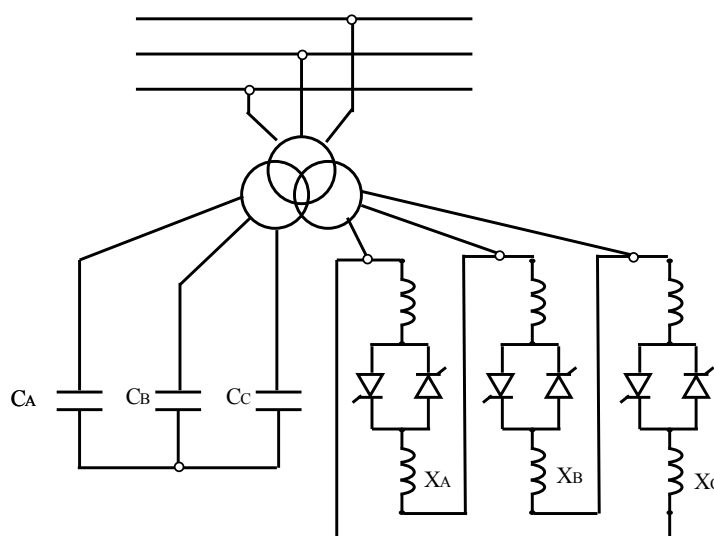


Рис. 1. Тиристорно-управляемый статический компенсатор.

Решение задачи РУР с учетом СТК. В технической литературе широко освещены строгие модели и алгоритмы решения УУР с учетом комплексного коэффициента трансформации с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН) и фазоповоротные трансформаторы. Метод моделирования, используемый для представления управляемого оборудования можно подразделить на две основные категории, а именно последовательный и одновременный методы решения [1]:

Первый подход поддается реализации легче в алгоритмах Ньютона-Рафсона. Однако, его основным недостатком является то, что величины модуля напряжения и углы узла являются переменными состояния, которые рассчитываются точно методом Ньютона, и формулируется подзадача для обновления переменных состояния управляемых устройств в конце каждой итерации.

Унифицированный подход РУР сочетает в себе переменные состояния сети и управляемые параметры энергосистемы в единую систему уравнений [1]:

$$f(U_i, \delta_i, X_{\text{FACTS}}) = 0, \quad (1)$$

где U_i, δ_i - переменные состояния сети переменного тока, напряжения и фазовые углы в узлах и X_{FACTS} - соответствует переменным состояния управляемых FACTS устройств системы.

Увеличение размерности УУР по сравнению со случаем, когда нет устройств FACTS, пропорционально количеству и виду таких устройств.

Современные модели отличаются от обычного представления СТК в виде генераторного типа и основываются на переменной реактивной проводимости шунта. В последнем случае, переменные состояния СТК в сочетании с величиной узлового напряжения и угла сети образуют единую систему координат для унифицированного, итерационного решения УУР. При этом рассматриваются две модели представления СТК называемые моделью переменной реактивной проводимости шунта и моделью угла зажигания. Кроме этого, также рассматривается модель СТК представленная схемой замещения с трансформатором моделью зажигания угла.

Ранее известные модели СТК для анализа потоков мощности рассматривали в виде генератора с индуктивным сопротивлением [1]. Реактивное сопротивление учитывается для характеристики регулирования напряжения СТК. Простое представление СТК предполагает, что угловой коэффициент характеристики регулирования напряжения СТК равен нулю. Такое предположение может быть приемлемым, когда реактивная мощность СТК находится в допустимых по режиму работы проектных пределах. Однако это может привести к грубой ошибке, если СТК работает в режиме близком к ее пределам. Эта точка показана на рисунке 2, на верхней части характеристики, когда система работает в условиях малой нагрузки. Если угловой коэффициент характеристики принимается равным нулю, то генератор будет нарушать его минимальный предел, точка $A_{XSL=0}$. Нормальная работа генератора внутри допустимых пределов обеспечивается, если угловой коэффициент напряжение-ток СТК учитывается соответствующей точке А.

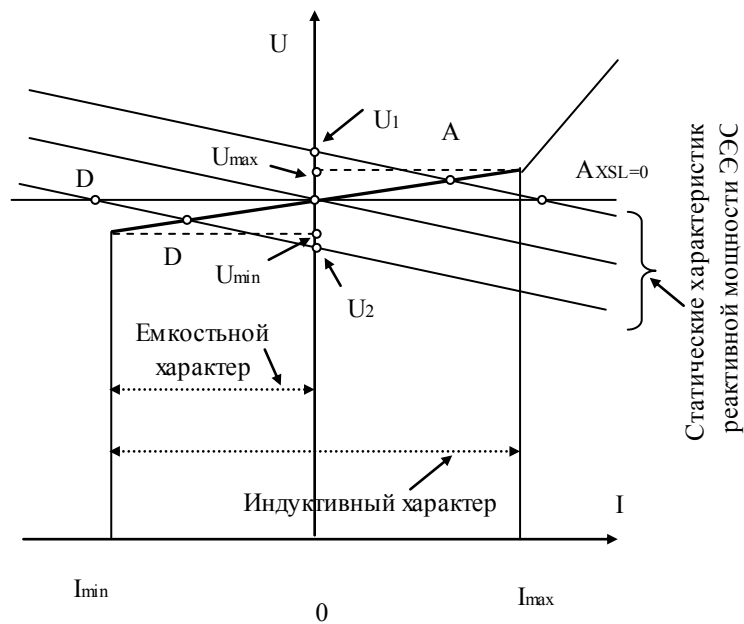


Рис. 2. Вольтамперные характеристики СТК и ЭЭС.

Таким образом, учет характеристики регулирования напряжения СТК реальной вольтамперной характеристикой (ВАХ) в исследовании УУР является необходимым. Уклон характеристики может быть получен подключением модели СТК к вспомогательному узлу, соединенному с индуктивным сопротивлением с узлом высоковольтного напряжения, состоящего из реактивного сопротивления трансформатора и СТК.

Вспомогательный узел представлен в виде узла типа PU, а высоковольтный узел принимается как узел типа PQ. Эта модель СТК показана схематически на рисунке 3 (а). Кроме того, СТК может быть представлен в явном виде с трансформатором связи, как показано на рисунке 3(б).

В 2-х узловой модели СТК (рис. 3(а)) учет характеристики регулирования СТК представляется вспомогательным узлом типа PU и высоковольтным узлом типа PQ. В 3-х узловой модели СТК (рис. 3(б)) учет характеристики регулирования СТК представляется

контролируемым узлом с трансформатором типа PU, вспомогательным узлом типа PU и высоковольтным узлом типа PQ.

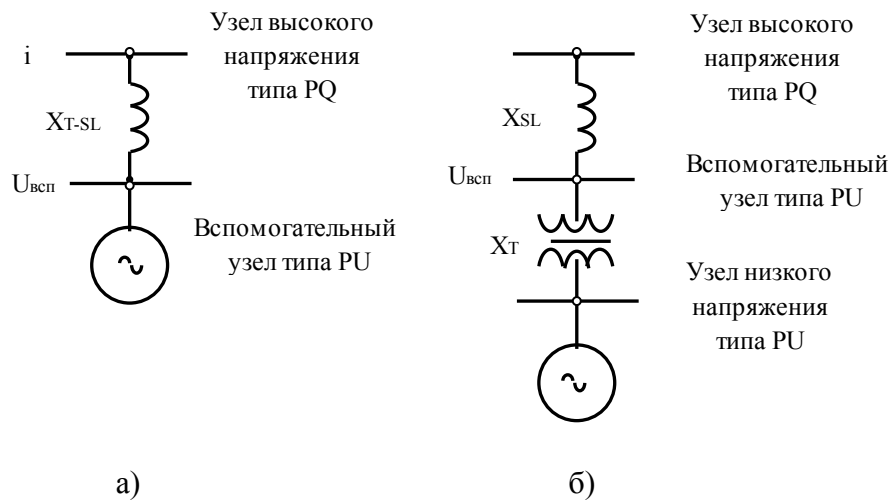


Рис. 3. Статические модели СТК: а) 2-ух узловая модель б) 3-ех узловая модель.

Представления СТК довольно просты, но являются недопустимыми для работы за пределами допустимого напряжения. В таких случаях возникает необходимость изменить модель и представить СТК с фиксированной реактивной проводимостью в виде:

$$B_{\text{СТК}} = \frac{Q_{i0}}{U_{\text{СТК}}^2}, \quad (2)$$

где $U_{\text{СТК}}$ является допустимым напряжением соответствующим превышенному пределу реактивной мощности $Q_{\text{пр}}$.

Представление СТК комбинированной моделью в виде генератора и реактивной проводимости дает точные результаты. Тем не менее, недостатком такого представления является то, что обе модели используют разное количество узлов. Генератор использует два или три узла, как показано на рисунке 3, в то время как фиксированная реактивная проводимость использует только один узел.

При решении УУР мощности методом Ньютона-Рафсона такая разница в количестве узлов, необходимых для представления одного компонента может привести к переупорядочению и изменению размеров якобиана во время итерационного решения. Кроме этого, в процессе итерационного решения УУР становится необходимой проверка допустимости режима сравнением расчетных значений реактивной мощности СТК с допустимыми пределами для того, чтобы проверить, действительно ли СТК вернулся к допустимому режиму.

Следует отметить, что для работы вне пределов СТК должна быть смоделирована как реактивная проводимость, а не как генератор, установленный в своих нарушенных пределах, Q_{lim} . Игнорирование этой точки приведет к неточным результатам. Причина в том, что значение реактивной мощности потребляемой СТК определяется произведением фиксированной реактивной проводимости $B_{\text{фик}}$, и величины узлового напряжения, U_k . Так как U_k является функцией состояния сети, значение реактивной мощности потребляемой фиксированной модели реактивной проводимости отличается от реактивной мощности потребляемой моделью генератора, то есть,

$$Q_{i0} \neq -B_{\text{фик}} U_k^2. \quad (3)$$

На рисунке 4 показан режим задания реактивной мощности генератора в виде постоянной величины 100 МВАр, как не зависящей от напряжения, и моделью постоянной реактивной проводимости; результат, определяемый моделью, варьируется с помощью величины напряжения узла. Диапазон изменения напряжения рассмотрен в пределах $(0.95 \div 1.05)U_{\text{ном}}$.

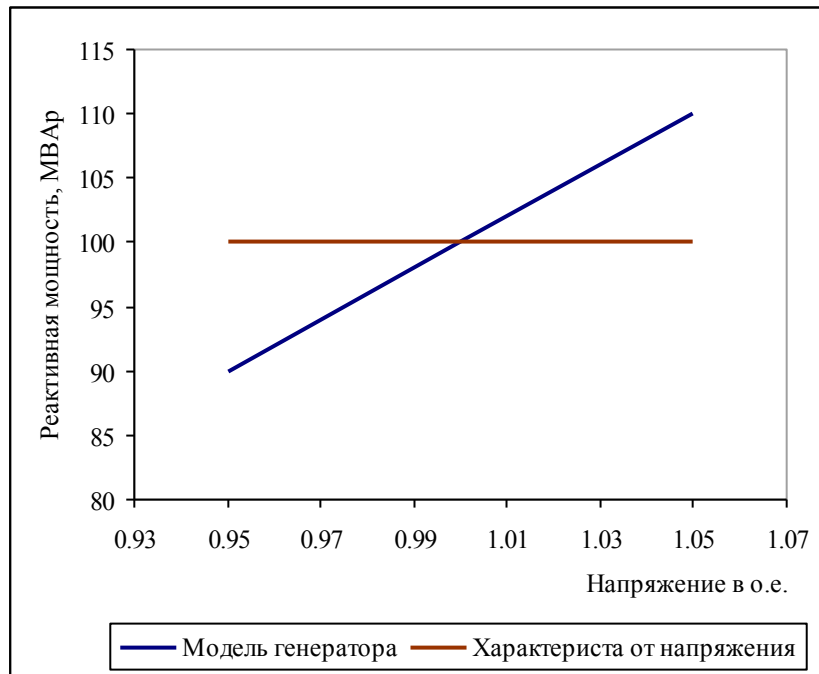


Рис. 4. Характеристики СТК в виде генератора и проводимости.

Модель переменной реактивной проводимости шунта. На практике СТК можно рассматривать как регулируемую реактивную проводимость с регулируемым углом с ограничениями или диапазоном допустимых значений реактивной проводимости [1,8]. Эквивалентная схема, показанная на рисунке 5, используется для получения нелинейных уравнений мощности СТК.

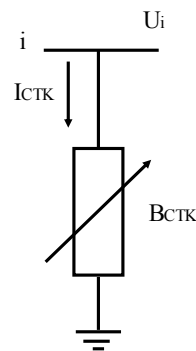


Рис. 5. Представление СТК как регулируемая реактивная проводимость.

В соответствии с рисунком 5, ток, потребляемый СТК, равен

$$I_{\text{СТК}} = jB_{\text{СТК}} U_{\text{СТК}}^2. \quad (4)$$

Реактивная мощность СТК, которая является также реактивной мощностью в узле i, равна:

$$Q_{\text{СТК}} = Q_i = -B_{\text{СТК}} U_{\text{СТК}}^2, \quad (5)$$

Изменение реактивной проводимости представляет собой общую реактивную проводимость СТК, необходимую для поддержания величины узлового напряжения на заданном уровне.

После вычисления величины компенсации реактивной мощности может быть рассчитан угол регулирования тиристора. Тем не менее, требуется дополнительный итерационный расчет решения, так как реактивная проводимость СТК и угол зажигания тиристора являются нелинейно-связанными между собой.

Модель угла зажигания. Альтернативная модель СТК, которая обходит дополнительный итерационный процесс, состоит во включении угла зажигания тиристорно-управляемого реактора (ТУР) в качестве переменного состояния при РУР [1].

Реактивная проводимость СТК определяется уравнением

$$B_{\text{СТК}} = B_C - B_{\text{ООД}} = -\frac{1}{X_C \cdot X_L} \left\{ X_L - \frac{X_C}{\pi} [2(\pi - \alpha) + \sin(2\alpha)] \right\}, \quad (6)$$

а реактивная мощность СТК определяется уравнением

$$Q_i = -\frac{U_i^2}{X_C \cdot X_L} \left\{ X_L - \frac{X_C}{\pi} [2(\pi - \alpha_{\text{СТК}}) + \sin(2\alpha_{\text{СТК}})] \right\}. \quad (7)$$

Здесь α угол зажигания ТУР, а α_{SVC} угол зажигания СТК. Угол зажигания ТУР лежит в диапазоне: $\pi/2 < \alpha < \pi$. Отношение между углом зажигания и углом проводимости дает угол проводимости $\beta = 2(\pi - \alpha)$.

Ниже рассматривается модель угла регулирования СТК с включением понижающего трансформатора (рис. 6). Оба компонента объединяются в единую модель, которая позволяет контролировать постоянное напряжение на высоковольтной стороне трансформатора. Полная проводимость комбинированного СТК с трансформатором $Y_{\text{T-SVC}}$, состоит из проводимостей высоковольтной обмотки трансформатора Y_{T} и СТК Y_{SVC} .

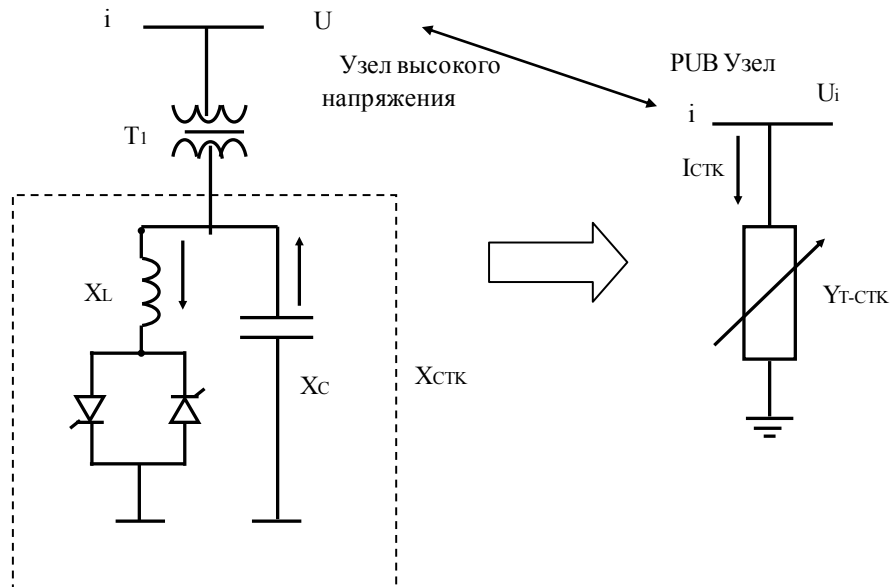


Рис. 6. Тиристорно-управляемый статический компенсатор (ТСТК).

Известно, что эквивалентная проводимость $Y_{\text{T-SVC}}$, является функцией угла зажигания СТК

$$Y_{T-CTK}(\alpha_{CTK}) = \frac{Y_T \cdot Y_{CTK}}{Y_T + Y_{CTK}}. \quad (8)$$

Проводимость комбинированного компенсатора переменного шунта представляется как:

$$Y_{T-CTK} = G_{T-CTK} + jB_{T-CTK}. \quad (9)$$

Управление величиной напряжения с использованием статических компенсаторов. Узел подключения СТК, является узлом управления напряжения, где величина напряжения, активная и реактивная мощности заданы, и переменными состояниями являются либо угол зажигания α_{SVC} , либо эквивалентная реактивная проводимость СТК, т.е. B_{SVC} . Этот узел определяется как PU_{CTK} тип. Если α_{SVC} или B_{SVC} находятся внутри пределов, указанная величина напряжения достигается и контролируемый узел остается как PU_{CTK} . Однако, если α_{SVC} или B_{SVC} выходят за пределы, то эти переменные будут зафиксированы в нарушенных границах и узел становится PQ. В таком узле при отсутствии другого управляемого параметра имеется возможность обеспечить заданную реактивную мощность в узле. Несоответствие значений реактивной мощности в контролируемых узлах используется для проверки работы СТК в допустимых пределах.

Для анализа, планирования и эксплуатации установившегося состояния энергосистемы и оценки воздействия FACTS на режимы электрической системы требуется разработка нового или обновление существующего программного обеспечения [6-8].

Численный пример использования в РУР СТК и ТУР. Для моделирования возможностей управления напряжением СТК и ТУР моделей была использована 7-и узловая эквивалентная схема с напряжениями 220-330-500 кВ ЭЭС Азербайджана (рис.7) для режима нагрузки 600 МВт в узле 6. При этом 4-й узел, в котором установлен тиристорно-управляемый реактор с пределами регулирования реактивной мощности $0 \div 200$ МВАр для удержания величины напряжения на этом узле, выбран в качестве PU узла. Поток активной и реактивной мощности показаны на рисунке 7, и узловые напряжения и углы приведены в таблице 1.

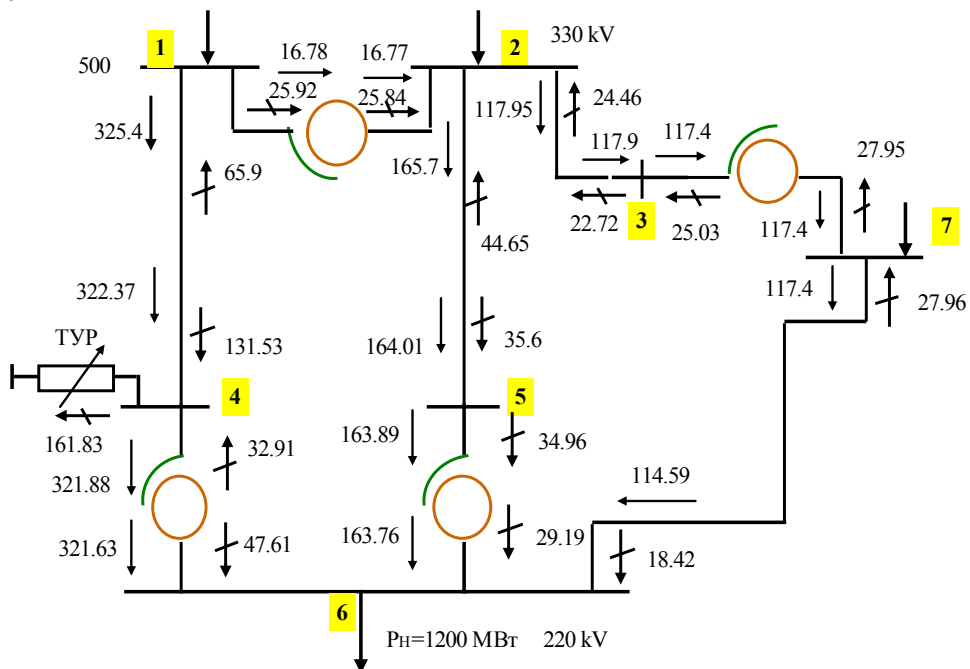


Рис. 7. Эквивалентный участок 220-330-500 кВ ЭЭС Азербайджана.

Таблица 1. Результаты РУР для 7-и узловой схемы при установке ТУР в 4-м узле для режима нагрузки узла 6 равного 600 МВт.

	Узлы электрической сети						
Напряжения узлов	1	2	3	4	5	6	7
Действующее значение, кВ	510.00	337.00	337.06	500.00	334.46	221.34	225.79
Угол напряжения, град	0.00	0.09	-0.01	-5.56	-6.20	-8.14	-1.37

Для поддержания напряжения в 4-м узле ЛЭП 500 кВ при нагрузке в узле 6 равной 600 МВт ТУР потребляет 161.83 МВАр реактивной мощности. При этом угол зажигания тиристоров равен $\alpha = 98.65$.

Результаты расчета УР в случае установки в 6-м узле СТК с пределами регулирования реактивной мощности $+121 \div -242$ МВАр для режима нагрузки равном 1200 МВт приведены в таблице 2. Для удержания уровня напряжения узел 6 типа PQ переведен в тип PU.

Таблица 2. Результаты РУР при установке СТК в 6-м узле.

	Узлы электрической сети						
Напряжения узлов	1	2	3	4	5	6	7
Действующее значение, кВ	510.00	337.00	336.97	500.60	330.59	220.00	225.41
Угол напряжения, град	0.00	-1.22	-1.40	-11.84	-13.47	-17.25	-4.02

Для поддержания напряжения в 6-ом узле 220 кВ для режима нагрузки 1200 МВт СТК генерирует 92.86 МВАр реактивной мощности. При этом угол зажигания тиристоров равен $\alpha_{\text{СТК}} = 93.91$. Результаты, приведенные в таблицах, показывают, что использование ТУР и СТК приводит к улучшению уровня напряжений в узлах.

Использование различных видов источников реактивной мощности (ИРМ) для регулирования напряжения в контролируемом по напряжению узле требует определения приоритетности управления ИРМ. В данном случае ТУР выбирается в качестве регулирующих устройств с высшим приоритетом, а СТК с низшим.

Если ТУР, подключенные к узлу, нарушают ограничения их реактивной мощности, то СТК активизируются. В таком случае, реактивная мощность ТУР генераторов закрепляется в своих нарушенных пределах, и узел переводится из PU в PQ.

Результаты расчетов показывают, что снижение потерь активной мощности для режимов дефицита на приемном конце, в зависимости от режима передачи активной мощности, лежит в пределах 10-15 МВт.

Включение СТК позволяет осуществлять нормальную эксплуатацию ВЛ 500 кВ в зависимости от режима передачи: поддержание напряжения в допустимых пределах, компенсация зарядной реактивной мощности, увеличение передаваемой активной мощности генерацией реактивной мощности для режимов дефицита на приемном конце, и снижение потерь активной мощности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.Анализированы модели представления регулируемых статических тиристорных компенсаторов в виде переменной реактивной проводимости шунта и модели угла зажигания при РУР энергосистемы. При РУР тиристорно-управляемые статические ИРМ представлены схемой замещения, включающей дополнительно два или три узла.

2.Использование различных видов источников реактивной мощности для регулирования напряжения в узлах требует определения приоритетности и координации управления ИРМ.

3. Выполнено компьютерное моделирование РУР на примере 7-и узлового эквивалентного участка схемы ЭЭС Азербайджана. Использование СТК и ТУР позволяет осуществлять нормальную эксплуатацию ВЛ 500 кВ: поддержание напряжения в допустимых пределах, компенсация зарядной реактивной мощности, увеличение передаваемой активной мощности и снижение потерь активной мощности.

1. *E. Acha, Claudio R. Fuerte-Esquivel, H. Ambriz-Perez, Angeles-Camacho.* FACTS. Modelling and Simulation in Power Networks, ISBN 0-470-85271-2, John Wiley & Sons, LTD

2. *N.G. Hingorani, L. Gyugyi,* Understanding FACTS – Concepts and technology of Flexible AC Transmission Systems, IEEE Press, 2000. ISBN 0-7803-3455-8.

3. *C. R. Fuerte-Esquivel,* “Steady State Modelling and Analysis of Flexible ac Transmission Systems”, Department of Electronics and Electrical Engineering, University of Glasgow, Glasgow, 1997.

4. *Bindeshwar Singh, N. K. Sharma and A. N. Tiwari, and S.P.Singh.* Incorporation of FACTS Controllers in Newton Raphson Load Flow for Power Flow Operation, Control and Planning: A Comprehensive Survey. Bindeshwar Singh et. al. / (IJCSSE) International Journal on Computer Science and Engineering , Vol. 02, No. 06, 2010, 2117-2124

5. *Кочкин В.И., Нечаев О. П.* Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000.

6. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Бахышов Э.Д.* Гибкие передающие системы переменного тока. АЗНИИ НТИ и ТЭИ, Информационный листок. № 3, 2006, стр. 1-8.

7. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д.* Применение гибких передающих систем переменного тока как эффективный способ решения проблем в ЭЭС. Проблемы энергетики 2010 № 4, стр. 20-28.

8. *Баламетов А.Б., Халилов Э.Д.* Моделирование устройств FACTS при расчетах установившихся режимов электрических сетей. Проблемы энергетики 2012 № 4, стр. 9-18..

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏLƏRİNİN QƏRARLAŞMIŞ REJİMLƏRİNİN HESABLANMASINDA TİRİSTORLA İDARƏ OLUNAN STATİK KOMPENSATORLARIN NƏZƏRƏ ALINMASI HAQQINDA

BALAMETOV Ə.B., XƏLİLOV E.D.

Elektrik şəbəkələrinin qərarlaşmış rejimlərinin hesabatlarında tiristorla idarə olunan statik kompensatorların modelləri nəzərdən keçirilmişdir. Azərbaycan elektroenergetika sistemi sxeminin 7 düyünlük ekvivalent sahəsi nümunəsində tiristorla idarə olunan statik kompensatorlarla gərginliyin idarə olunması modelləşdirilmişdir.

ABOUT ACCOUNTING THYRISTOR-CONTROLLED STATIC COMPENSATORS ON CALCULATING STEADY-STATE MODES OF ELECTRICAL NETWORKS

BALAMETOV A.B., HALILOV E.D.

Models of thyristor-controlled static compensators steady state calculations of electrical networks are considered. On the example of a 7-bus equivalent circuit area of Azerbaijan power system thyristor-controlled static compensators for voltage control is modeled.

UOT 621.311

ENERJİ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏSİR GÖSTƏRƏN FAKTORLARIN QARŞILIQLI ƏLAQƏ TƏNLİKLƏRİ ÜZRƏ TƏDQIQ OLUNMASI

NƏSİBOV V.X.

Azərbaycan Elmi - Tədqiqat və Layihə - Axtarış Energetika İnstitutu

Məqalədə Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyinin analizinin aparılması üçün istifadə olunan faktorların qarşılıqlı əlaqə tənliliklərinin qurulması, uyğun əmsalların təyin olunması, qurulmuş model üzrə yaxın müddətə enerji təhlükəsizliyində faktorların xüsusi çəkisinin dəyişmə dinamikası qiymətləndirilmişdir.

Məlumdur ki, enerji təhlükəsizliyini xarakterizə etməkdən ötrü əsasən indikativ analiz üsulundan istifadə edilir. İndikativ analiz energetika vəziyyətini qiymətləndirmək və təhlükələrin aradan qaldırılmasını təmin etməkdən ötrü indikatorların real göstəricilərinin onların sərhəd qiymətləri ilə müqayisəsini nəzərdə tutur. Enerji təhlükəsizliyinin müxtəlif komponentləri bloklar üzrə qruplaşdırılaraq analiz olunur, ona görə də ayrı-ayrı obyektlərin göstəriciləri əsasında yekun nəticə hasil olunur [1].

Müxtəlif ədəbiyyatlarda indikatorların 7 qrup üzrə birləşdirildirilərək analiz olunması tövsiyə olunur [2-3].

1. Yanacaq təminatı bloku – blok №1
2. Enerji istehsalı bloku – blok №2
3. Enerjinin ötürülməsi və paylanması bloku – blok №3
4. Elektrik enerjinin ixracı/idxalı bloku – blok №4
5. Ekoloji blok – blok №5
6. İstehlak bloku – blok №6
7. İdarəetmə və maliyyə bloku – blok №7

Bloklar arasındakı əlaqə cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Bloklar	1	2	3	4	5	6	7
1-yanacaq	+	+			+	+	+
2-enerji istehsalı	+	+	+		+		+
3-enerjinin ötürülməsi və paylanması		+	+	+	+	+	+
4-enerjinin ixracı, idxalı	+		+	+		+	+
5-ekologiya	+	+			+		+
6-istehlak	+		+	+		+	+
7-maliyyə və idarəetmə	+	+	+	+	+	+	+

Baxmayaraq ki, hər blok bir neçə vacib indikator ilə təmsil oluna bilər, ancaq tədqiqatları asanlaşdırmaqdan ötrü hər blokdan ancaq bir indikator seçilmişdir.

Bunlar:

- y_1 – adambaşına düşən yanacağın istehlakı;
- y_2 – adambaşına düşən elektrik enerjisi istehsalı;

$$x_k = f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}) \quad (4)$$

Tənliklər sistemi geniş şəkildə belə yazılar:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11} + a_{12}y_2 + a_{13}y_3 + \dots + a_{1n}y_n + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1k}x_k \\ y_2 = a_{21}y_1 + a_{22} + a_{23}y_3 + \dots + a_{2n}y_n + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2k}x_k \\ \dots \\ y_n = a_{n1}y_1 + a_{n2}y_2 + a_{n3}y_3 + \dots + a_{nn} + b_{n1}x_1 + b_{n2}x_2 + \dots + b_{nk}x_k \end{cases} \quad (5)$$

burada a_{ij} – iqtisadi təhlükəsizlik indikatorlarının əlaqə əmsalları;
 b_{ij} – enerji təhlükəsizliyi indikatorlarının əlaqə əmsallarıdır.

Ancaq enerji təhlükəsizliyi indikatorlarının bir-birinə qarşılıqlı təsirini analiz etməkdən ötrü aşağıdakı tənliklər sistemindən istifadə etmək olar [4].

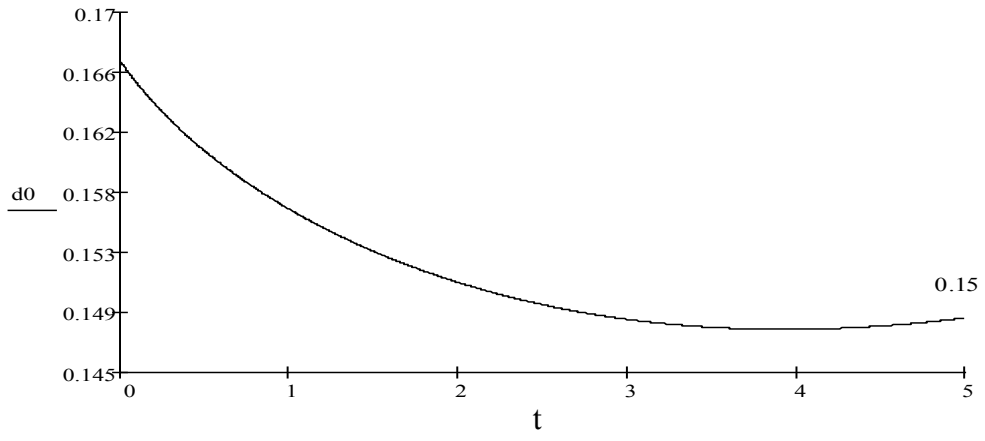
$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= a_{11} + a_{12} y_2(t) + a_{13} y_3(t) + a_{14} y_4(t) + a_{15} y_5(t) + a_{16} y_6(t) + a_{17} y_7(t) \\ \frac{dy_2}{dt} &= a_{21} y_1(t) + a_{22} + a_{23} y_3(t) + a_{24} y_4(t) + a_{25} y_5(t) + a_{26} y_6(t) + a_{27} y_7(t) \\ \frac{dy_3}{dt} &= a_{31} y_1(t) + a_{32} y_2(t) + a_{33} + a_{34} y_4(t) + a_{35} y_5(t) + a_{36} y_6(t) + a_{37} y_7(t) \\ \frac{dy_4}{dt} &= a_{41} y_1(t) + a_{42} y_2(t) + a_{43} y_3(t) + a_{44} + a_{45} y_5(t) + a_{46} y_6(t) + a_{47} y_7(t) \\ \frac{dy_5}{dt} &= a_{51} y_1(t) + a_{52} y_2(t) + a_{53} y_3(t) + a_{54} y_4(t) + a_{55} + a_{56} y_6(t) + a_{57} y_7(t) \\ \frac{dy_6}{dt} &= a_{61} y_1(t) + a_{62} y_2(t) + a_{63} y_3(t) + a_{64} y_4(t) + a_{65} y_5(t) + a_{66} + a_{67} y_7(t) \\ \frac{dy_7}{dt} &= a_{71} y_1(t) + a_{72} y_2(t) + a_{73} y_3(t) + a_{74} y_4(t) + a_{75} y_5(t) + a_{76} y_6(t) + a_{77} \end{aligned} \quad (6)$$

Tənliklər sisteminin Mathcad sistemində tərtibi və həlli aşağıda göstərilmişdir.

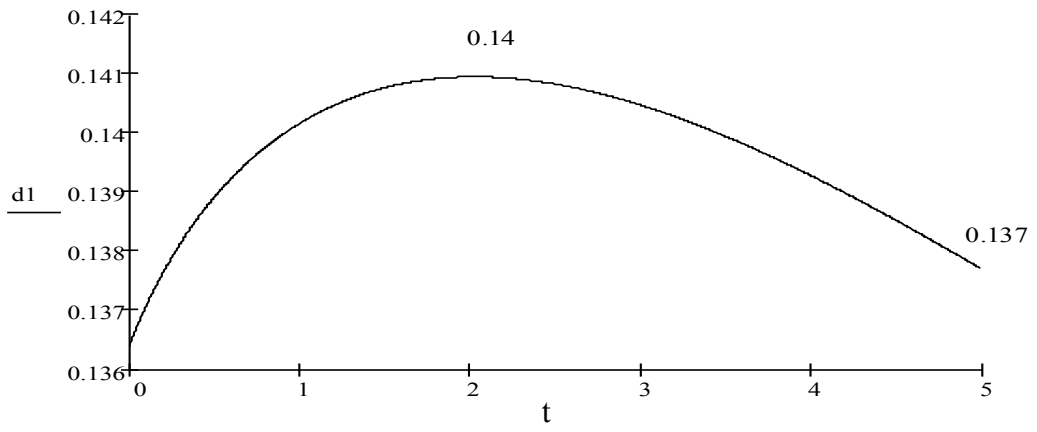
$$D(t, Y) := \begin{pmatrix} 0.165 - 0.135Y_1 - 0.05Y_4 + 0.14Y_5 + 0.2Y_6 \\ 0.165Y_0 + 0.135 - 0.13Y_2 + 0.05Y_4 + 0.2Y_6 \\ 0.135Y_1 + 0.13 + 0.17Y_3 + 0.05Y_4 + 0.2Y_6 \\ 0.135Y_1 - 0.13Y_2 + 0.17 + 0.2Y_6 \\ -0.135Y_1 - 0.13Y_2 + 0.05 + 0.2Y_6 \\ -0.165Y_0 + 0.135Y_1 + 0.14 + 0.2Y_6 \\ 0.165Y_0 + 0.135Y_1 - 0.13Y_2 + 0.17Y_3 - 0.05Y_4 + 0.14Y_5 + 0.2 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Götürülmüş şərtlər çərçivəsində seçilmiş parametrlərin illər üzrə dəyişməsi şəkil 1-7-də verilmişdir. Indikatorların başlanğıc qiymətləri onların cədvəl 2-də verilmiş baş diaqonaldakı cari qiymətlərinə bərabər götürülmüşdür.

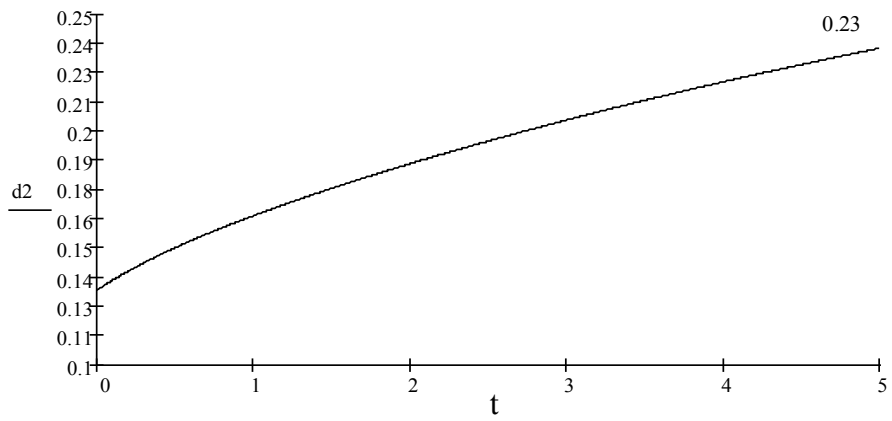
$$Y_{10} = 0.165, Y_{20} = 0.135, Y_{30} = 0.13, Y_{40} = 0.17, Y_{50} = 0.05, Y_{60} = 0.14, Y_{70} = 0.2$$



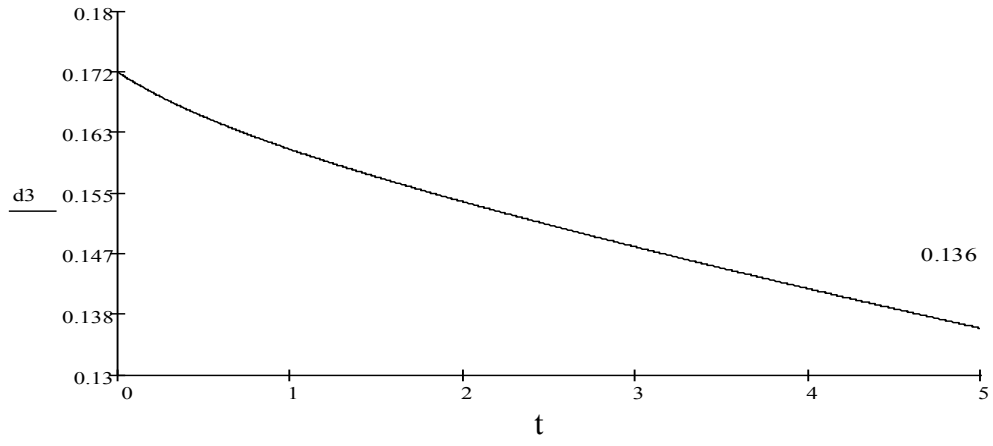
Şək. 1



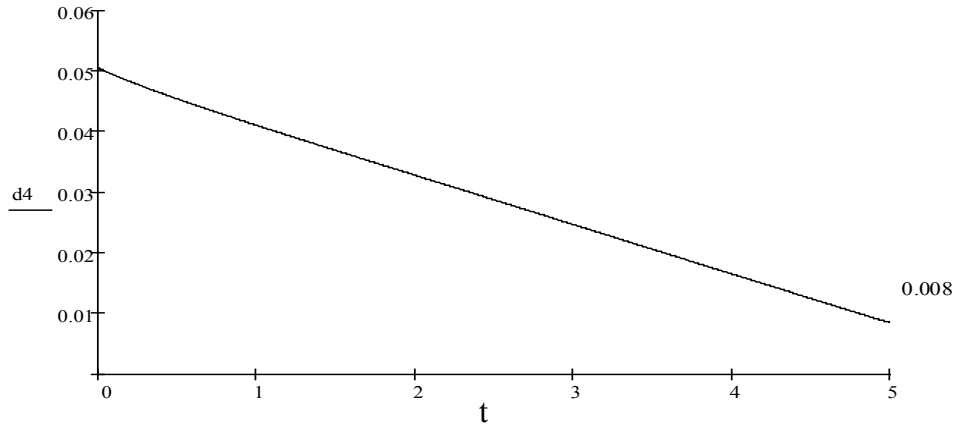
Şək. 2



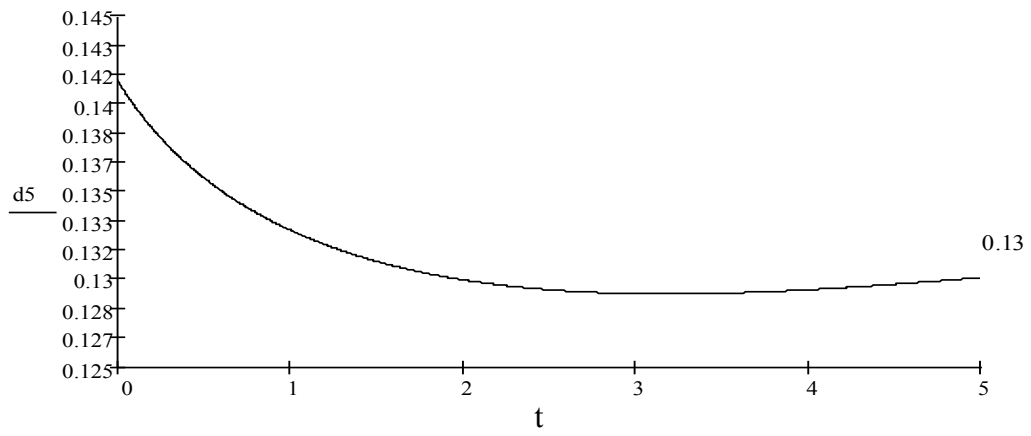
Şək. 3



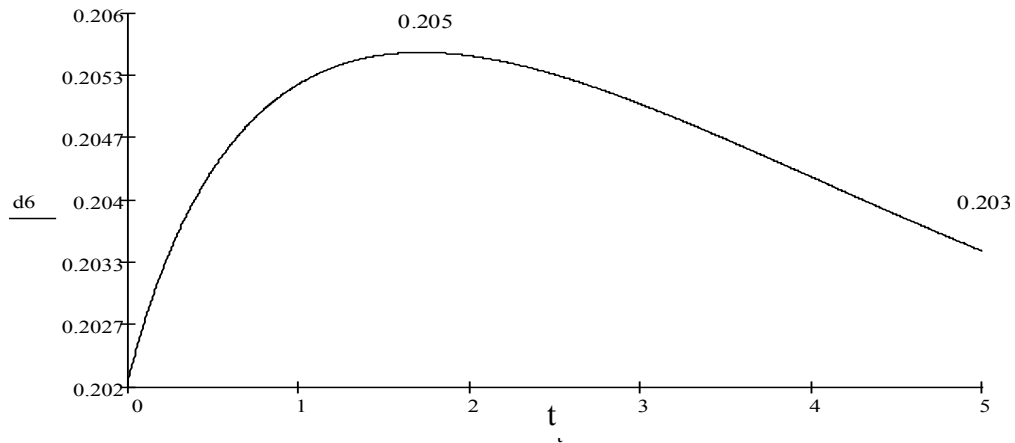
Şək. 4



Şək. 5



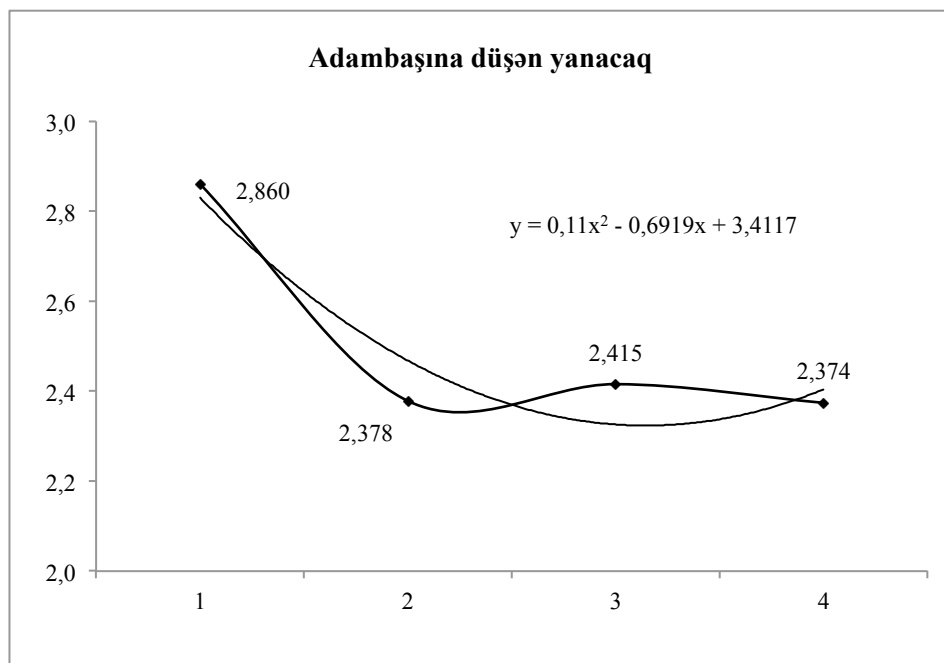
Şək. 6



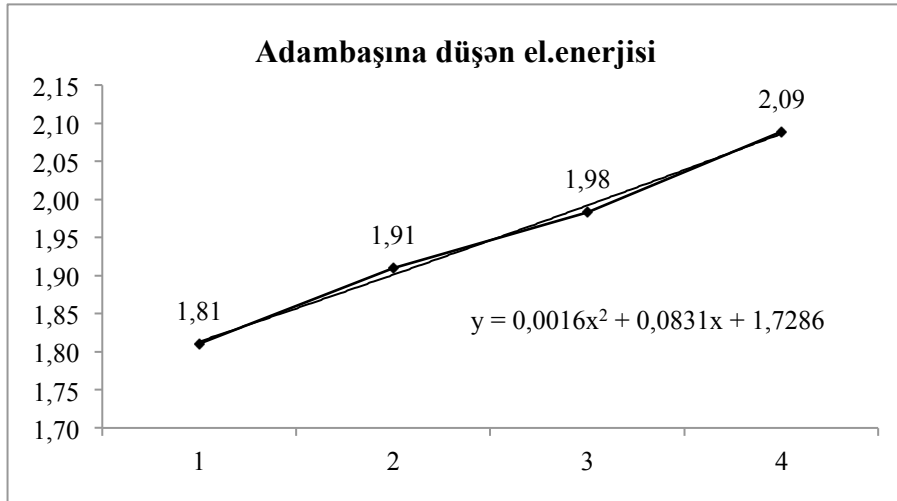
Şək. 7

Qeyd etmək lazımdır ki, tənliklər sisteminin baş diaqonalındakı qiymətləri hər bir indikatorun enerji təhlükəsizliyindəki nisbi çəkisinin cari qiymətlərini göstərir. Ancaq məlumdur ki, hər bir indikatorun illər üzrə dəyişməsi olduqca müxtəlif və çoxlu sayda digər faktorlardan da asılıdır. Məsələnin formallaşdırılması üçün hər bir indikatorun retrospektiv qiymətlərindən çıxış edərək, onların zamandan asılılıq funksiyasını qurmaq və alınmış funksiyaları hər bir indikatorun baş diaqonalındakı məxsusi qiymətinin əvəzinə istifadə etmək lazımdır. Bu zaman indikatorların qiyməti həm digər indikatorların təsirindən, həm də zamana görə dəyişir.

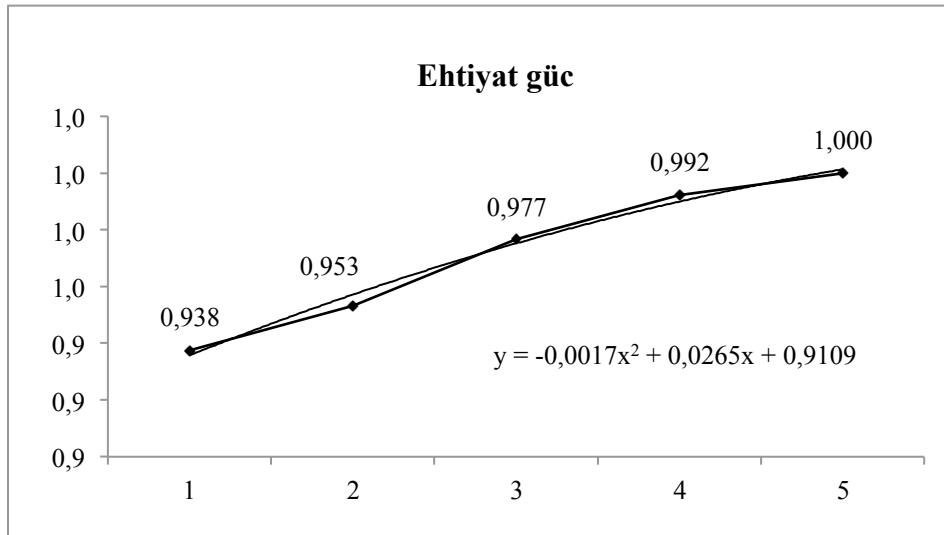
Aşağıda hər bir indikatorun son illər dəyişmə dinamikasını və onların approksimasiyasını əks etdirən şəkillər verilmişdir [5].



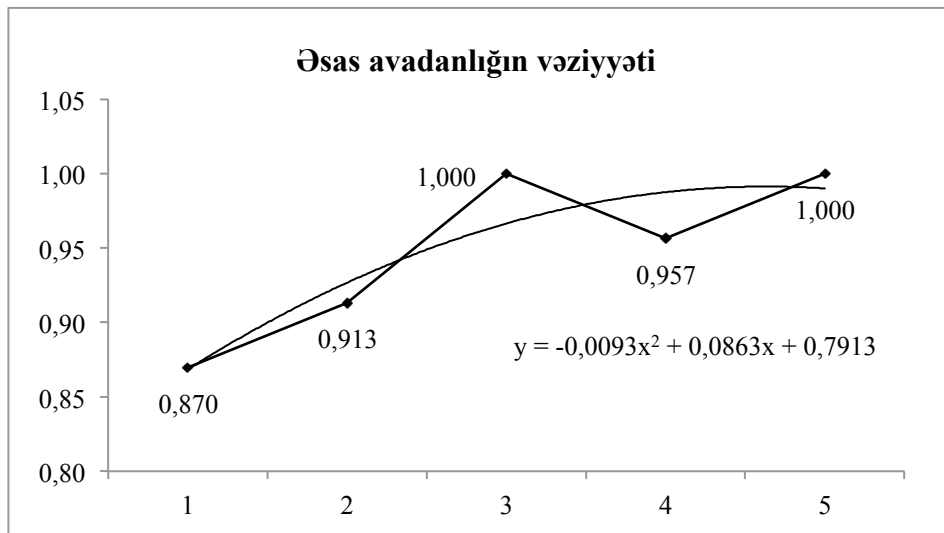
Şək. 8



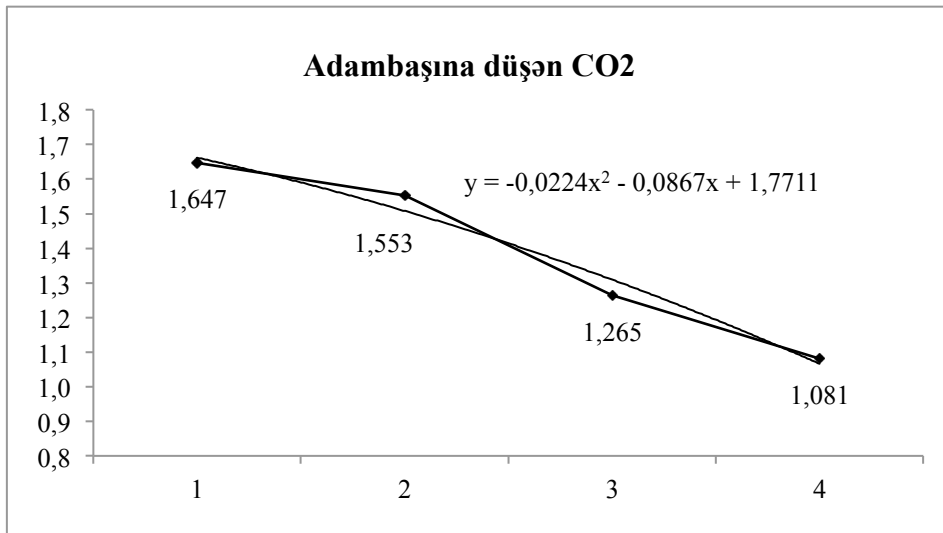
Şək. 9



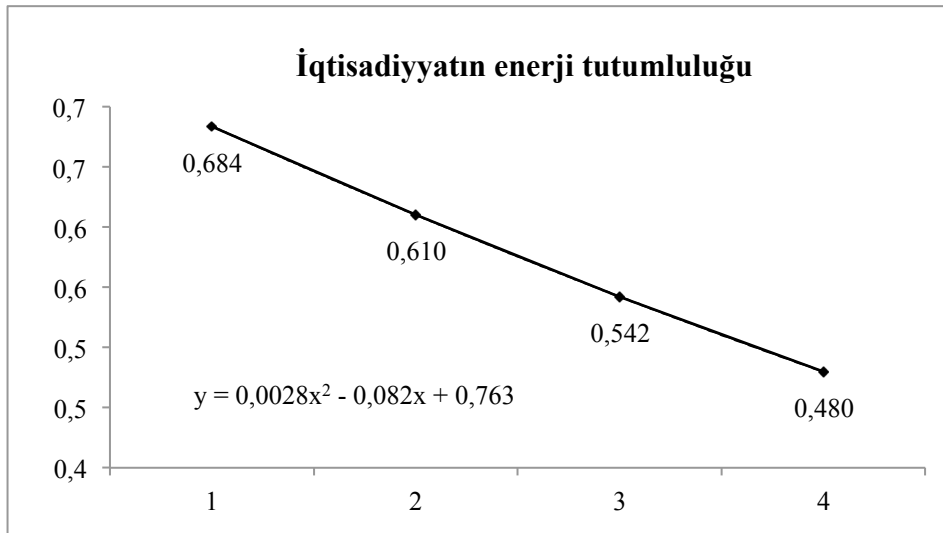
Şək. 10



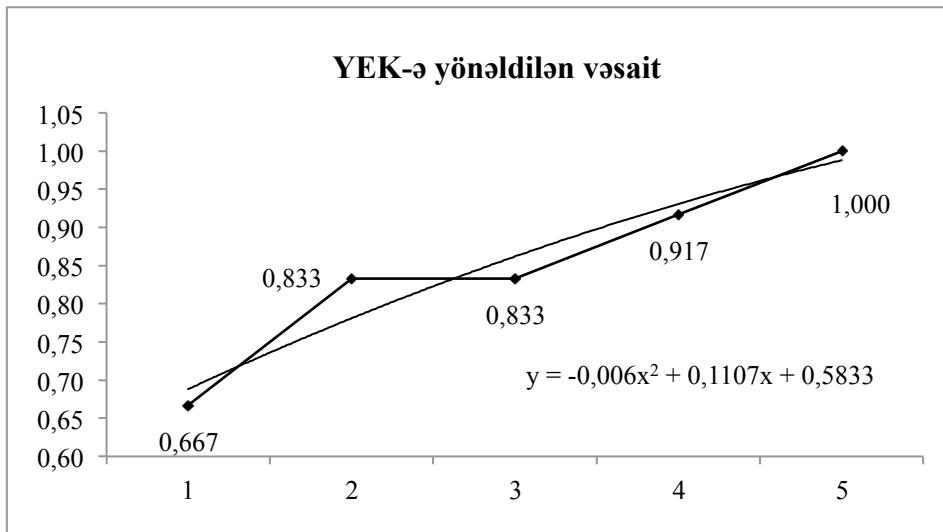
Şək. 11



Şək. 12



Şək. 13

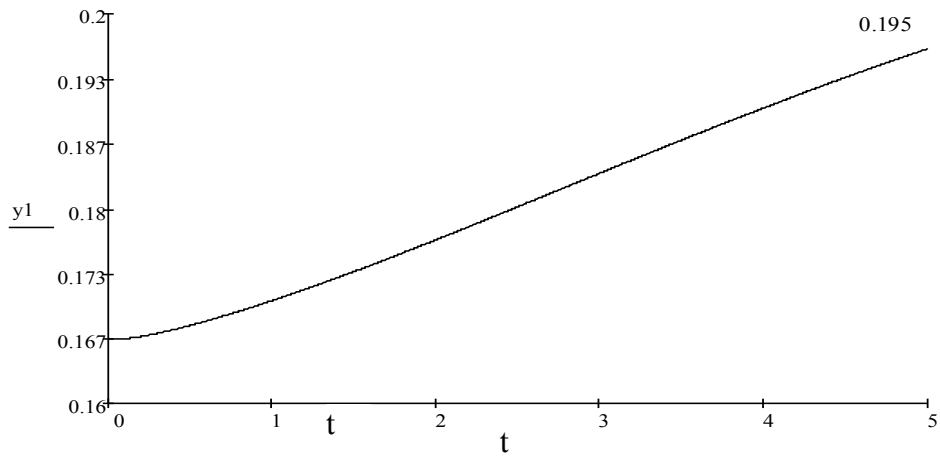


Şək. 14

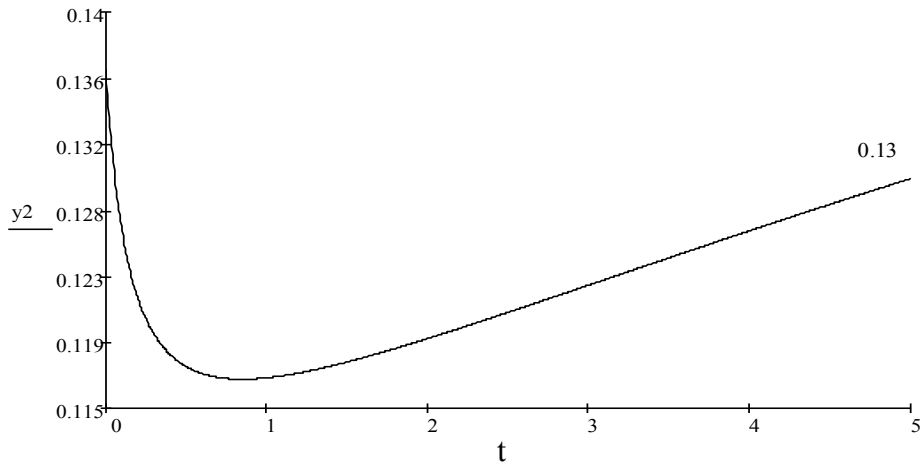
Hər bir faktorun dəyişmə dinamikası nəzərə alındıqdan sonra tənliklər sistemi aşağıdakı formanı alır [6].

$$D(t, Y) := \begin{cases} \frac{[0.11 \cdot (t+5)^2 - 0.691(t+5) + 3.411]}{2.706} - 0.135Y_1 - 0.05Y_4 + 0.14Y_5 + 0.2Y_6 \\ 0.165Y_0 + \frac{[0.0001(t+5)^2 - 0.06(t+5) + 1.758]}{2.3061} - 0.13Y_2 + 0.05Y_4 + 0.2Y_6 \\ 0.135Y_1 + [-0.009(t)^2 + 0.086(t) + 0.791] + 0.17Y_3 + 0.05Y_4 + 0.2Y_6 \\ 0.135Y_1 - 0.13Y_2 + [-0.001(t)^2 + 0.026(t) + 0.91] + 0.2Y_6 \\ -0.135Y_1 - 0.13Y_2 + \frac{[-0.0022(t+6)^2 - 0.086(t+6) + 1.771]}{1.1758} + 0.2Y_6 \\ -0.165Y_0 + 0.135Y_1 + \frac{[0.0028(t+5)^2 - 0.082(t+5) + 0.763]}{0.423} + 0.2Y_6 \\ 0.165Y_0 + 0.135Y_1 - 0.13Y_2 + 0.17Y_3 - 0.05Y_4 + 0.14Y_5 + [-0.006(t)^2 + 0.11 \cdot (t) + 0.583] \end{cases} \quad (8)$$

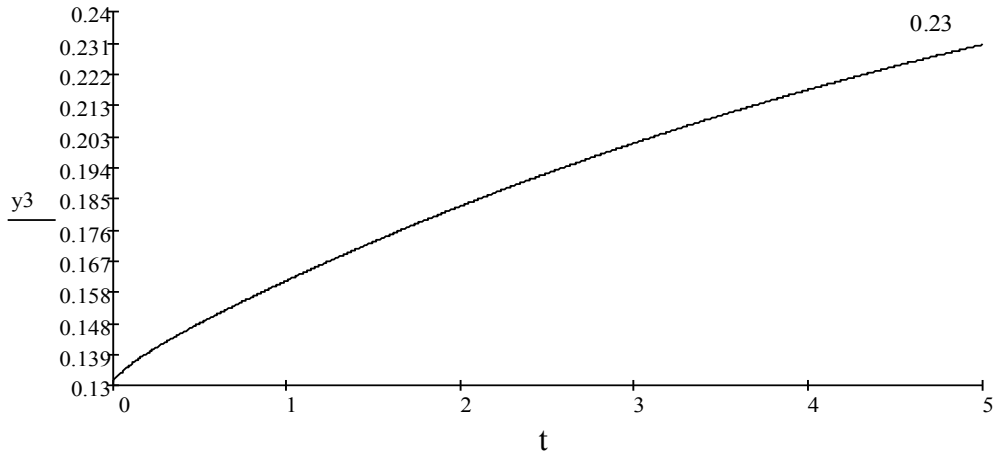
Hesabatın nəticələri aşağıdakı qrafiklərdə verilmişdir.



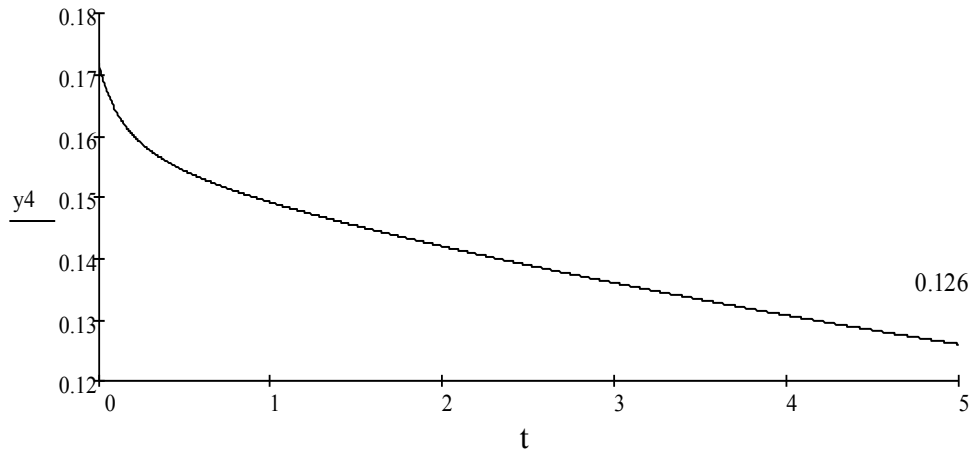
Şək. 15



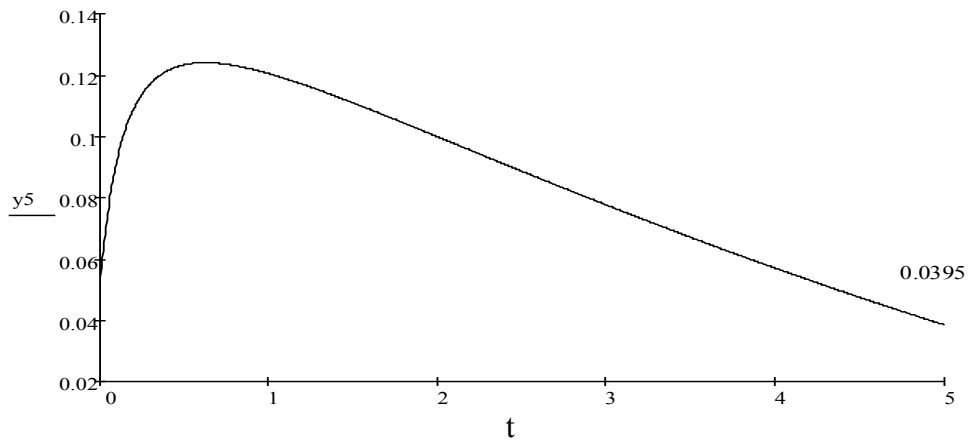
Şək. 16



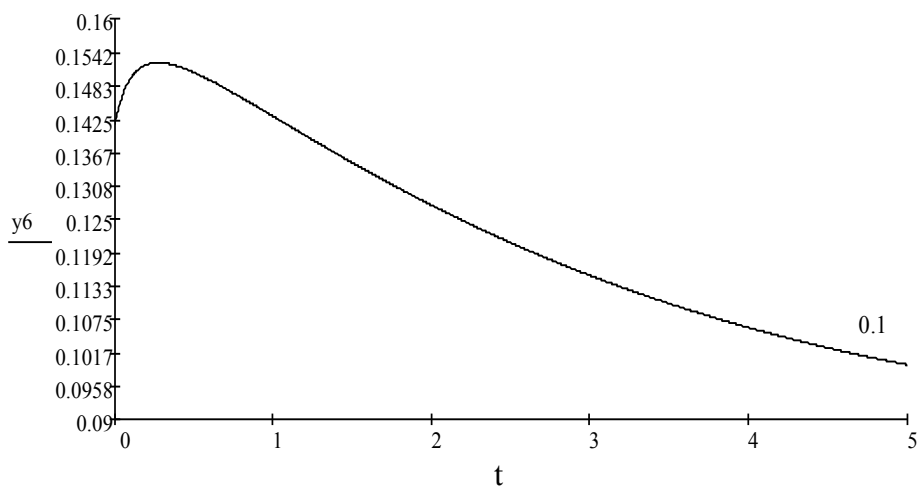
Şek. 17



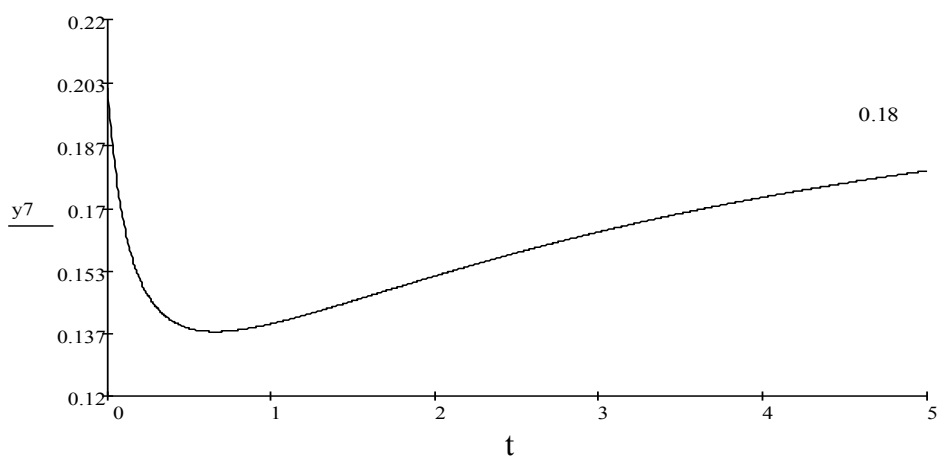
Şek. 18



Şek. 19



Şək. 20



Şək. 21

Şəkillərdən göründüyü kimi, enerji təhlükəsizliyi indikatorlarının retrospektiv qiymətləri də nəzərə alındıqda, enerji təhlükəsizliyində əsas avadanlığın texniki vəziyyəti və YEK-ə yönəldilən vəsaitin dəyəri ilə yanaşı yanacaq istehlakı da daha vacib komponent kimi çıxış edir.

NƏTİCƏ

1. Enerji təhlükəsizliyinin uzun müddətli məsələlərini həll edərkən indikatorlar sisteminin qarşılıqlı əlaqə tənliklər sistemindən istifadə etmək olar. Bu zaman indikatorların hesablanmış qiymətləri yaxın gələcəyə onların enerji təhlükəsizliyindəki xüsusi çəkisini təyin edəcəkdir.
2. Indikatorların retrospektiv qiymətləri nəzərə alınmadıqda enerji təhlükəsizliyində əsas indikatorlar kimi avadanlığın texniki vəziyyəti və YEK-ə yönəldilən vəsaitin dəyəri kimi iki indikator, nəzərə alındıqda isə onlarla yanaşı yanacaq istehlakı da daha vacib komponent kimi çıxış edir.

1. *Yusifbəyli N.A., Nəsimov V.X., Əlizadə R.R.* Enerji təhlükəsizliyinə ümumi yanaşma, AzET və LAE İnstitutunun elmi əsərlər toplusu, Bakı-Elm 2010, s. 32-43.
2. *Yusifbəyli N.A., Nəsimov V.X., Əlizadə R.R.* Elektroenergetikanın inkişafının bəzi məsələləri, AzET və LAE İnstitutunun elmi əsərlər toplusu, Bakı-Elm 2010, s. 17-31.
3. *Быкова Е.В.* «Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности», Кишинев, 2005, s. 156
4. *Nasibov V.Kh.* The structural analysis of power engineering for energy security study, «ICTPE-2012 8-th International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering», 5-7 September, 2012, Fredrikstad, Norway, p. 99-101.
5. “Azərenerji” ASC-nin hesabatları
6. Az ET və LAEI-nin “Enerji təhlükəsizliyi” laboratoriyasının “Azərbaycan enerjisisteminə enerji təhlükəsizliyinin əsas göstəricilərinin (indikatorlarının) retrospektiv qiymətlərinin təhlili, yaxın (5 il) və uzaq perspektivə proqnozlaşdırılması və enerji təhlükəsizliyi risklərinin minimallaşdırılması üzrə tövsiyələrin işlənməsi” mövzusunda 01–12 saylı hesabatı, 2012, s. 45

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО УРАВНЕНИЯМ ВЗАИМОСВЯЗИ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

НАСИБОВ В.Х.

В статье построены уравнения взаимосвязи факторов, применяемых для анализа энергетической безопасности Азербайджана, определены соответствующие коэффициенты, оценена динамика изменения удельного веса факторов энергетической безопасности на ближайшее будущее.

INVESTIGATION OF ENERGY SECURITY BY RELATIONSHIP EQUATIONS OF INFLUENCING FACTORS

NASIBOV V.Kh.

In this paper the relationship equations of factors used to analyze the energy security of Azerbaijan are constructed, the relevant coefficients identified the dynamics of changes in specific gravity of energy security factors are assessed for the near future.

УДК 621.019

СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМ**ФАРХАДЗАДЕ Э.М., ФАРЗАЛИЕВ Ю.З., МУРАДАЛИЕВ А.З.***АзНИиПИИ Энергетики*

Предлагается новый метод моделирования непрерывных случайных величин по эмпирическим распределениям. Показано, что несоответствие точности методов предъявляемым требованиям проявляется при малом числе реализаций случайных величин, сводится к неслучайному расхождению оценок средних и средних квадратических значений эмпирических данных и моделируемых выборок.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одним из основных этапов имитационного моделирования является формирование случайных величин и случайных событий с заданным законом распределения. В условиях электроэнергетических систем (ЭЭС) примерами случайных величин являются: длительность аварийного ремонта оборудования и устройств, интервалы времени между нерабочими состояниями энергоблоков, содержание растворимых газов в трансформаторном масле и др. Случайными событиями являются: короткие замыкания на линии электропередачи, отказ в отключении выключателя, ложная работа релейной защиты или автоматики и др. Аналитическая форма законов распределения здесь в большинстве случаев неизвестна. Закономерности изменения непрерывной случайной величины задаются статистической (эмпирической) функцией распределения (с.ф.р.), а дискретной случайной величины – исходя из тех или иных предположений о вероятности возникновения случайного события. Эта особенность вносит определенную взаимосвязь между числом интервалов с.ф.р. $F^*(X)$, и числом интервалов m при дискретном представлении непрерывной эмпирической функции распределения $F(X)$. Если для $F(X)$ число интервалов m выбирается равным $(10\div 20)$, то для $F^*(X)$ $m=n$.

Объективность имитационного моделирования во многом зависит от того, насколько реализации моделируемых случайных величин (событий) окажутся случайными и будут отражать заданные закономерности распределения. Следует также отметить, что на практике часто стремятся представить множество статистических данных одним из известных законов распределения. На самом деле закон распределения статистических данных, относящихся к классу многомерных, представляет собой неопределенную композицию многих распределений. Иначе говоря, трудности представления наблюдаемой с.ф.р. объективной аналитической закономерностью во многом возрастают.

Методы статистического моделирования. При разработке этих методов наибольшее внимание уделяется условию, когда тип функции распределения непрерывной случайной величины X известен. Статистическое моделирование по эмпирическому распределению осуществляется двумя методами. В соответствии с [1] с.ф.р. представляется следующими уравнениями:

$$F_1^*(X) = \begin{cases} 0 & \text{если } X = X_0 = 0 \\ \frac{1}{n} + \frac{(X - X_i)}{n(X_{i+1} - X_i)} & \text{если } X_0 < X < X_n \\ 1 & \text{если } X \geq X_n \end{cases} \quad (1)$$

где $i=0,(n-1)$

Если обозначить реализацию случайной величины с равномерным распределением в интервале $[0,1]$ через ξ , то в соответствии с (1) расчет соответствующей ξ реализации случайной величины X выполняется по формуле:

$$X = X_i + (X_{i+1} - X_i) \cdot (\xi \cdot n - i) \quad (2)$$

где $i=0,(n-1)$

Интуитивно ясно, что если расхождение $(X_n - X_1)$ соизмеримо с X_1 , то моделирование с.ф.р. $F_1^{**}(X)$ по формуле (2) приводит к систематическому различию $F_1^*(X)$ и $F_1^{**}(X)$. Это различие проявляется в следующих соотношениях средних (соответственно $M_1^*(X)$ и $M_1^{**}(X)$) и средних квадратических (соответственно $G_1^*(X)$ и $G_1^{**}(X)$) значений случайной величины X :

$$\begin{aligned} M_1^*(X) &> M_1^{**}(X) \\ G_1^*(X) &< G_1^{**}(X) \end{aligned} \quad (3)$$

Графическая иллюстрация этого метода приведена на рис.1а.

Во втором методе [2] с.ф.р. представляется следующим уравнением:

$$F_2^*(X) = \begin{cases} 0 & \text{если } X < X_1 \\ \frac{i-1}{n-1} + \frac{(X - X_i)}{(n-1) \cdot (X_{i+1} - X_i)} & \text{если } X_1 \leq X < X_n \\ 1 & \text{если } X \geq X_n \end{cases} \quad (4)$$

Расчет реализации случайной величины X проводится по формуле:

$$X = X_i + (X_{i+1} - X_i) \cdot [\xi \cdot (n-1) - (i-1)] \quad (5)$$

где $i=1,(n-1)$

В [2] отмечается, что очевидным недостатком этого метода является моделирование случайной величины X в интервале $X_1 < X < X_n$, иначе говоря, величина X никогда не может быть меньше X_1 и больше X_n , что вносит определенную погрешность оценки $M_2^{**}(X)$. Графическая иллюстрация $F_2^*(X)$ и составляющих формулы (5) приведена на рис.1в.

Особенности расчета по формулам (2) и (5) обусловили целесообразность уточнения этих методов моделирования. С.ф.р. нами рекомендуется представить следующими уравнением [4]:

$$F_3^*(X) = \begin{cases} 0 & \text{если } X \leq X_1 \\ \frac{i-1}{n+1} + \frac{(X - X_i)}{(n+1) \cdot (X_{i+1} - X_i)} & \text{если } X_1 < X < X_{n+1} \\ 1 & \text{если } X \geq X_{n+2} \end{cases} \quad (6)$$

где $i=1,(n+1)$

При этом расчет реализации случайной величины X выполняется по формуле:

$$X = X_i + (X_{i+1} - X_i) \cdot [\xi \cdot (n+1) - (i-1)] \quad (7)$$

где $i=1,(n+1)$

Графическая иллюстрация составляющих $F_3^*(X)$ приведена на рис.1с

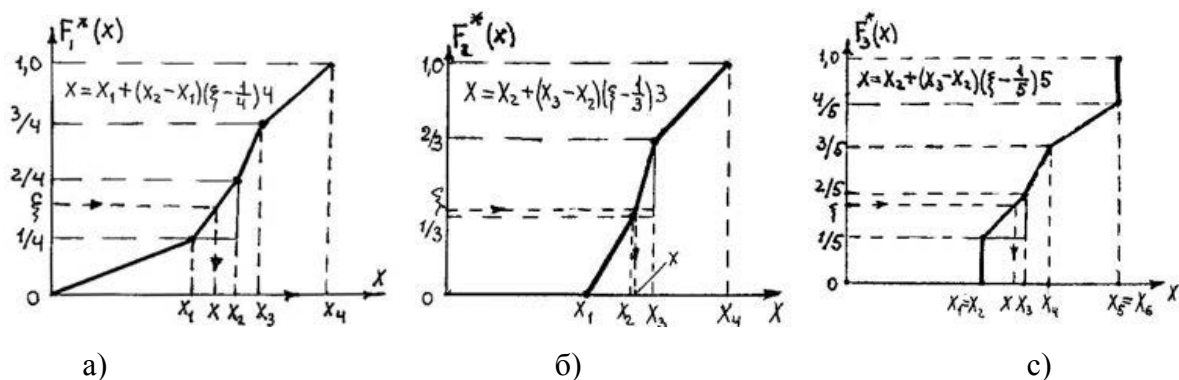


Рис.1. Иллюстрация методов моделирования непрерывных случайных величин по эмпирическому распределению. а - метод [1]; б – метод [2]; в – метод авторов

Алгоритм сравнения методов статистического моделирования. Основным требованием, предъявляемым к методам статистического моделирования, является точность соответствия распределения $F_j^*(X)$ исходному распределению $F^*(X)$, где $j=1,3$. Наиболее простым способом контроля степени такого соответствия при малых значениях n является сопоставление оценок средних значений $M_{\varnothing}^*(X)$ и $M_j^{**}(X)$, а также средних квадратических значений $G_{\varnothing}^*(X)$ и $G_j^{**}(X)$.

Блок схема моделирующего алгоритма приведена на рис.2.



Рис 2. Укрупненная блок-схема алгоритма сопоставления методов моделирования непрерывных случайных чисел

Рассмотрим особенности этого алгоритма в порядке нумерации блоков его структурной схемы (рис.2.)

1. Исходными данными являются:

- множество псевдослучайных чисел $\{\xi\}$ с равномерным распределением в интервале $[0,1]$;

- n – число случайных чисел ξ в выборке из $\{\xi\}$. Изменение n позволяет установить его влияние на результат сопоставления методов моделирования случайных величин X ;
 - α – уровень значимости. Позволяет оценить влияние степени соответствия с.ф.р. $F^*(\xi)$ равномерному закону на результат сопоставления методов моделирования случайных величин X ;
 - N – число имитаций моделируемой выборки $\{X\}_n$
2. По программе RAND(ξ) формируется n псевдослучайных чисел ξ , соответствующих равномерному закону распределения в интервале $[0,1]$;
 3. Учитывая, что $X=\xi$, вычисляется среднее $M^*(X)$ и среднее квадратическое $G^*(X)$ значения по выборке $\{\xi\}$.
 4. По формулам (1), (4) и (6) и выборке $\{\xi\}_n$ формируются с.ф.р. $F_1^*(X)$, $F_2^*(X)$ и $F_3^*(X)$;
 5. Формируется выборка из n псевдослучайных чисел с возможностью контроля соответствия распределения $F^*(\xi)$ равномерному закону с заданным уровнем значимости α . Методом общих случайных чисел формируются три выборки из n случайных чисел X по распределениям $F_1^*(X)$, $F_2^*(X)$ и $F_3^*(X)$. Расчеты проводятся для уровней значимости (ошибки первого рода) α , и числе реализаций выборки $N=1000$;
 6. Вычисляются оценки среднего $M_{i,\psi}^*(X)$ и среднего квадратического $G_{i,\psi}^*(X)$ значений моделируемых случайных величин по i - му методу для ψ - ой выборки с $i=1,3$ и $\psi=1,N$;
 7. Формируются с.ф.р. $F_i^*[M^*(X)]$ и $F_i^*[G^*(X)]$ для каждого из трех методов $i=1,3$;
 8. Сравнение методов осуществляется путем сопоставления $M^*(X)$ и $G^*(X)$ с аналогичными показателями распределений $F_i^*[M^*(X)]$ и $F_i^*[G^*(X)]$, т.е. с $M_i^{**}(X) = M_i^*[M_{i,\psi}^*(X)]$ и $G_i^{**}(X) = M_i^*[G_{i,\psi}^*(X)]$ $i=1,3$. Преимущество отдается методу, для которого отклонение от $M_j^*(X)$ и $G_j^*(X)$ минимально

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Установлено:

1. Влияние метода моделирования на точность воспроизведения распределения $F^*(\xi)$ проявляется лишь для малых n . Уже при $n \geq 20$ расхождение между $M^*(X)$ и $M_i^{**}(X)$, как и $G^*(X)$ и $G_i^{**}(X)$ с $i=1,3$ не превышает 1%. Заметим, что при $n=4$ расхождение между $M^*(X)$ и $M_i^{**}(X)$ составляет 12%, а между $G^*(X)$ и $G_i^{**}(X)$ составляет 28.5%;
2. Величина расхождения, в том числе и наибольшего, между $F^*(X_j)$ и $F_i^{**}(X_j)$ (обозначим эту величину как St_j) не зависит от закономерности изменения $F^*(X_j)$ и $F_i^{**}(X_j)$, а зависит от случайных величин выборки $\{\xi\}_n$, их числа n и способа моделирования $i=1,3$. В качестве примера на рис.3 приведена графическая иллюстрация независимости St_j с $j=1,n$ от типа $F^*(X)$

В этом находит отражение известный непараметрический характер критерия наибольшего расхождения [3]

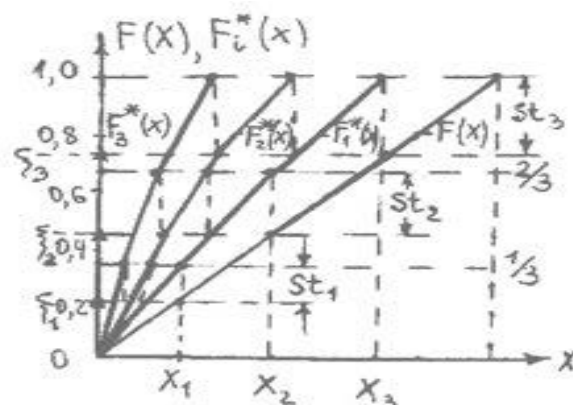


Рис 3. Графическая иллюстрация независимости St_j с $j=1, n$ от типа $F^*(X)$

3. Сопоставление методов моделирования показывает, что

$$M^*(X) = M_2^{**}(X) = M_3^{**}(X) \gg M_1^{**}(X)$$

$$M^*[G_2^*(X)] \ll G^*(X) = M^*[G_3^*(X)] \ll M^*[G_1^*(X)]$$

Иначе говоря, первый метод не удовлетворяет предъявляемым требованиям к точности расчета, как по величине $M_1^*(X)$, так и по значению $G_1^*(X)$. Средние значения $M_2^{**}(X)$ и $M_3^{**}(X)$, вычисляемые при моделировании выборок случайных величин, соответственно, вторым ($i=2$) и третьим ($i=3$) методами, практически неразличимы и равны $M^*(X)$. Однако средние квадратические значения моделируемых выборок для второго метода моделирования $\{X\}_n$ существенно отличаются от исходного значения $G^*(X)$, в то время как величина $M^*[G_3^*(X)]$ практически не отличается от $G^*(X)$.

Графическая иллюстрация различия с.ф.р. $R^*[M_i^*(X)] = 1 - F^*[M_i^*(X)]$ и $R_i^*[(G_i^*(X))] = 1 - F^*[G_i^*(X)]$ для различных методов ($i=1 \div 3$) и $\alpha=0$ приведена на рис.4.

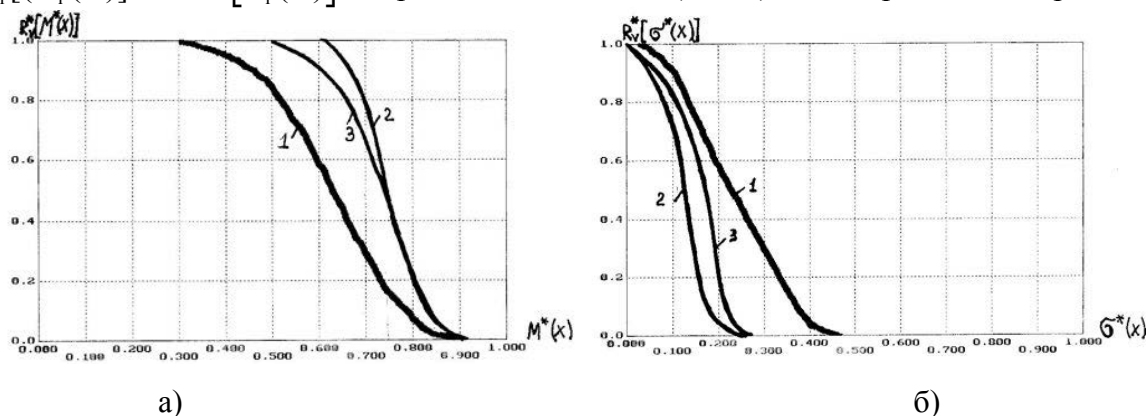


Рис.4. Иллюстрация различия с.ф.р. средних (а) и средних квадратических (б) значений реализаций выборок моделируемых $i=1, 2$ и 3 методами

4. С увеличением α :

- среднее значение $M_i^*[M_i^*(X)]$ с $i=1, 3$ т.е. для каждого метода моделирования стремится к своему истинному значению и позволяет более полно сопоставить сами методы. При $\alpha=0.8$ получены следующие значения: $M_1^*[M_1^*(X)] = 0.629$, $M_2^*[M_2^*(X)] = 0.751$ и $M_3^*[M_3^*(X)] = 0.738$, при $M^*(X) = 0.739$;

- разброс реализаций $M_i^*(X)$ с $i=1, 3$ снижается. Если для $\alpha=0$ для $M_1^*(X)$ он составлял $G_1^*[M_1^*(X)] = 0.143$, то при $\alpha=0.8$ величина $G_1^*[M_1^*(X)] = 0.066$, т.е. разброс реализации

$M_1^*(X)$ снижается в 2,2 раза. Такое же уменьшение разброса наблюдается для второго и третьего методов;

- различие значений реализаций $G_1^*(X)$, в среднем, практически неизменно и не превышает 10% для $n=4$ и 3% для $n=16$. В иллюстративных целях на рис 5 приведены распределения $F^*[M_1^*(X)]$ и $F^*[G_1^*(X)]$ при $\alpha=0.8$, подтверждающие независимость соотношения рассматриваемых методов от α

- последствия от увеличения α аналогичны последствиям искусственного увеличения числа моделируемых случайных величин n на величину $(1-\alpha)^{-1}$.

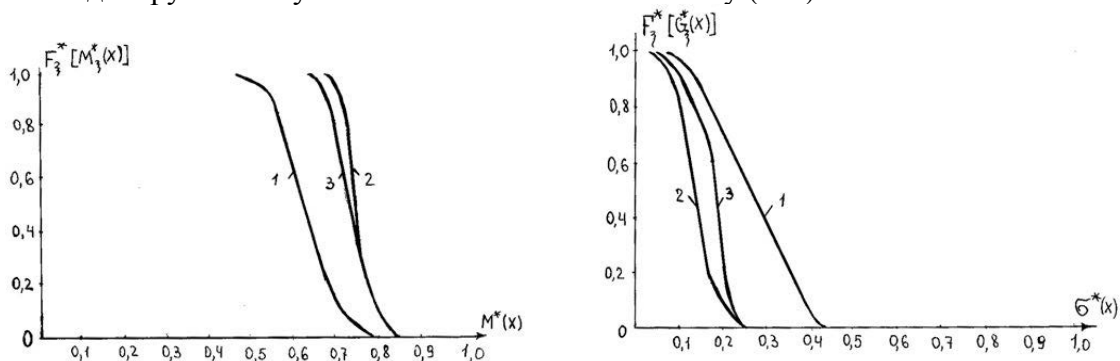


Рис.5. Графическая иллюстрация с.ф.р. $F^*[M_1^*(X)]$ и $F^*[G_1^*(X)]$ при $\alpha=0.8$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный комплексный анализ позволил установить:

1. Несоответствие точности методов моделирования непрерывных случайных величин по эмпирическим распределениям предъявляемым требованиям проявляется лишь при малом числе реализаций выборки случайных величин ($n < 20$)
2. Сравнение методов моделирования может быть проведено путем сопоставления моделируемых оценок средних и средних квадратических значений случайных величин с эмпирическими значениями оценок этих показателей
3. Моделирование непрерывных случайных величин по эмпирическому распределению, вычисляемому по формуле (1), при малых n приводит к существенному различию средних и средних квадратических значений случайных величин выборки от эмпирических значений, а по формуле (4) – средних квадратических значений выборки
4. Увеличение уровня значимости α соответствия выборки из n псевдослучайных чисел равномерному закону по своим последствиям аналогично искусственному увеличению числа n на величину $(1-\alpha)^{-1}$
5. Статистическое моделирование случайных величин по эмпирическим распределениям целесообразно проводить по формуле (7).

-
1. Поляк Ю.Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. –М.: Сов.радио, 1971, 400с.
 2. Аверилл М. Лоу, В.Дэвид Кельтон. Имитационное моделирование. Классика CS, 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004 847 с: ил.
 3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М. «Наука», 1965, 524 с.
 4. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Назирова У.К. Методы статистического моделирования случайных величин по эмпирическим распределениям. Казань: Известия Вузов. Проблемы Энергетики №9-10, 2008, 112-120 с

FASILƏSİZ TƏSADÜFİ KƏMIYYƏTLƏRİN EMPIRİK PAYLANMALAR ÜZRƏ MODELLƏŞDIRILMƏSİ ÜSULLARININ MÜQAYISƏSİ

FƏRHADZADƏ E.M., FƏRZƏLİYEV Y.Z., MURADƏLİYEV A.Z.

Fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlərin empirik paylanmalar üzrə modelləşdirilməsinin yeni üsulu təklif olunur. Kiçik sayda təsadüfi kəmiyyətlərin realizasiyası zamanı, üsulların dəqiqliyinin verilən tələblərə uyğun gəlməməsinin aşkarlanması, modelləşdirilən seçimlərin və empiric verilənlərin orta və orta-kvadratik kəmiyyətlərinin təsadüfi olmayan uyğunsuzluğa gətirməsi göstərilmişdir.

COMPARISON METHODS OF MODELING CONTINUOUS RANDOM VARIABLES ON EMPIRICAL DISTRIBUTIONS

FARHADZADEH E.M., FARZALIEV Y.Z., MURADALIEV A.Z.

The new method of modeling of continuous random variables on empirical distributions is offered. It is shown, that discrepancy of accuracy of methods to shown requirements is shown at small number of realizations of random variables, reduced to not casual divergence of estimations of averages and average quadratic values empirical given and modeled samples.

UOT 621.311

ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTTİNİN GÜNƏŞ RADİASIYASINDAN YARANAN QIZMANI NƏZƏRƏ ALMAQLA, HÜDUDİ BURAXILA BİLƏN YÜKÜNÜN HESABLANMASI

BAYRAMOV M.P.

Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası

Məqalədə Neft mədənlərini qidalandıran istismarda olan hava xəttlərinin müasir informasiya kommunikasiya texnologiyalarını tətbiq edərək temperatur və texniki vəziyyətinin monitorinqini aparmaqla istifadəsinin etibarlılığını və effektivliyini artırmağa yeni imkanlar yaradan məsələlər nəzərdən keçirilir.

Istismar şəraitində hava xətti (HX) məfəllərinə cərəyan yüklərinin hədudi buraxıla bilən qiymətləri bəzi məhdudiyyətlər nəzərə alınmaqla təyin edilməlidir ki, bunlardan biri də HX-dən yer səthinə və kəsişdiyi obyektlərə (avtomobil və dəmir yolları, HX, binalar, qurğular) qədər olan məsafənin təlimatlarda $+40^{\circ}\text{S}$ temperaturda və ya küləksiz havada sırsıradan yaranan yük halında normalaşdırılmış qiymətlərinin gözlənilməsidir.

Layihəyə görə qabaritləri HX-nin məfəllərinə normativ sırsıra (buz bağlama) yükləri təsir etdikdə təyin edilən xətlər havanın ən yüksək temperaturunda qabaritə görə ehtiyatı mövcud olduğundan $+40^{\circ}\text{S}$ temperaturda normalaşdırılmış qabariti pozulmadan müəyyən hədlərdə məfəllərə cərəyan yükünün artırılmasına imkan verir.

Uzun müddətli istismar nəticəsində AS markalı alüminium məfəllər sallanma nəticəsində uzanır ki, bu da məfəllərdə gərginliyin azalmasına və HX məfəllərinin sallanmasının artmasına gətirir, yəni məftil-yer qabaritlərinin normativ şəraitdə normalaşdırılmış qiymətlərinin azalması baş verir. Məfəllərin əyilmə oxunun artması həmçinin məfəllərdə gərginliyin deformasiyadan asılılığının qeyri-xəttiliyi səbəbindən də baş verir ki, bu amıl HX layihələndirilməsində nəzərə alınmır. Faktiki olaraq normativ sırsıra yüklərinin təsirindən sonra məftil uzanır, yəni onun əyilmə oxu artır [1].

Gündüz yay vaxtı işıqlı hündür buludlarda və göyün üzü buludsuz və mavi olduqda məftilin günəş şüalanmasından qızması nəzərə alınır. Bu halda məfəllərin faktiki əyilmə oxları layihə qiymətlərindən çox ola bilər.

Konkret fəaliyyət göstərən HX-nə hədudi cərəyan yükünün hesablanması üçün ən azı avtomobil və dəmir yolları ilə kəsişmələrdəki aşırımlarda məftilin buraxıla bilən t_{bur} qızma temperaturalarını təyin etmək lazımdır.

Buraxıla bilən temperaturu təyin etmək üçün t_{hava} temperaturunda ən aşağı sallanma nöqtəsində məftil-yer H_q qabaritini, həmçinin HX aşırımında yer səthindən məfəlləri gərilməmiş halda saxlayan sıxmalara qədər olan H_{m1} və H_{m2} məsafələrini ölçmək lazımdır.

Məftilin sallanmasının t_{hava} temperaturunda ölçülmüş qiyməti ($H_{m1} > H_{m2}$) [2-5]

$$f_{\text{ölçü}} = H_{m1} - H_q = \frac{\gamma_1^2 \cdot l_{\text{ekv}}^2}{8 \cdot \sigma_{\text{olcu}}} \quad (1)$$

t_{bur} temperaturda əyilmə oxu

$$f_{\text{ölçü}} = H_{m1} - H_q = \frac{\gamma_1^2 \cdot l_{\text{ekv}}^2}{8 \cdot \sigma_{\text{bur}}} \quad (2)$$

burada σ_{olcu} , σ_{bur} - gərginliklər, N/mm²; H_q – təlimatlarla normalaşdırılmış qabarit, m; l_{ekv} - ekvivalent aşırımın uzunluğu, m; γ_1 – məftilin çəkisindən yaranan xüsusi yüküdür, N/(m-mm).

(1) və (2) tənlikləri σ_{olcu} və σ_{bur} -ə nəzərən həll olunur.

Verilmiş HX hər bir seçilmiş aşırımı üçün t_{1hava} temperaturunda sallanma hesablanır (nisbi vahidlərdə) [5]

$$\Pi_{ölçü} = \frac{P \cdot l_{ekv}^2}{8 \cdot f_{olcu} \cdot T_{kr}} \quad (3)$$

burada $\Pi_{ölçü} = \sigma_{olcu} / \sigma_{kr}$; P - məftilin çəkisi, N/m; T_{kr} - məftilin qırılma qüvvəsi, N; $\sigma_{kr} = T_{kp} / \{S_a + S_{CT}\}$ – məftilin zaman müqavimətidir.

Sonra verilmiş HX-nin hər bir seçilmiş aşırımı üçün t_{bur} temperaturunda buraxıla bilən sallanma (nisbi vahidlərdə) təyin edilir:

$$\Pi_{bur} = \frac{P \cdot l_{ekv}^2}{8 \cdot f_{bur} \cdot T_{kr}} \quad (4)$$

Verilmiş HX üçün ölçü üçün seçilmiş hər bir $f_{ölçü}$ və f_{bur} təyin edildiyi aşırımında təlimatın tələblərinə müvafiq olaraq məftil-yer qabaritinin saxlanması tələbinə görə t_{1hava} temperaturunda hüdudu buraxıla bilən t_{bur} temperaturu hesablanır:

$$\frac{\frac{K_1 \cdot l_{ekv}^2}{\bar{I}_{bur}^2} - \frac{K_1 \cdot l_{ekv}^2}{\bar{I}_{bur}^2} + K_2 (\bar{I}_{olcu} - \bar{I}_{bur})}{K_3} + t_{1hava} = t_{bur} \quad (5)$$

burada K_1 , K_2 , K_3 alüminiumun en kəsiyinin S_a polad içliyin en kəsiyinə S_{pol} nisbətindən asılıdır; $K_1 = \gamma_1^2 / 24 \sigma_{hud}^2$; $\gamma_1 = P / S$, $S = S_a + S_{pol}$ – polad və alüminiumun en kəsiklərinin cəmi; K_2 – HX məftilinin elastiklik modulu, N/mm²; K_3 – məftilin xətti uzanmasının temperatur əmsalındır, 1/°S.

Verilmiş HX məftillərində hüdudi buraxıla bilən cərəyan yükü t_{bur} ən kiçik qiymət aldığı aşırım üçün hesablanır.

Məftilin qızması üçün istilik balans tənliyindən $Q \cdot t_{bur} = Q \cdot t_1 + Q \cdot t_{hava} + Q \cdot t_{rad}$ alınır ki, temperaturun minimal buraxıla bilən qiyməti üç təşkiledicidən ibarətdir:

$$t_{bur} = t_1 + t_{hava} + t_{rad} \quad (6)$$

burada t_{hava} – HX məftilinin ətraf hava ilə qızmasından; t_{rad} – günəş radiasiyasından; t_1 – məftilin aktiv müqavimətində enerji itkiləri hesabına cərəyan yükündən qızmasına müvafiq təşkiledicilərdir

Hava şəraiti dəyişdikdə, məsələn, t_{bur} verilmiş qiymətində t_{rad} və t_{hava} artdıqda t_1 , yəni cərəyan yükü azalmalıdır. Qış vaxtı $t_{rad} = 0$, ona görə də t_1 -ni, yəni cərəyan yükünü artırmağa imkan var, lakin bu zaman HX sonunda gərginlik itkiləri artır.

t_{rad} temperaturu günəş radiasiyasının intensivliyindən, buludların hündürlüyündən və sıxlığından asılıdır. Yerdə günəş radiasiyası il ərzində dəyişir (ən böyük radiasiya aprel-avgust dövründə olur).

[5]-də HX AS markalı məftillərinin sentyabrda gündüz vaxtı mavi göy və küləksiz hava üçün günəş radiasiyasının təsiri ilə qızması nəticəsində məftilin temperaturunun diametrdən aşağıdakı tənliklə approksimasiya edilmiş asılılığı alınmışdır (günəş şüaları məftilin oxuna perpendikulyar olduqda):

$$\Delta t_{\text{rad}} = K_{\tau} \cdot K'_{\tau} \cdot K_{\text{rad}} \cdot d^{0.44152}, \quad (7)$$

burada $K_{\text{rad}} = 92,0375^{\circ}\text{S}/\text{m}^{0.44152}$; d - məftilin diametridir, m.

İyun ayında günəş radiasiyasının saat 11-dən 13-ə qədər (ən böyük qızma) nəzərə alınması üçün (7) düsturuna $K_{\tau} = 1,15$ [5], göyün üzü mavi olduqda, $K'_{\tau} = 1$ -göyün üzü boz və günəş görünən olduqda $K'_{\tau} = 0.5$ əmsalları daxil olunur. AS markalı məftillər üçün ilin yay və yaz-payız dövrlərində saat 7-dən 20-yə qədər göy üzü mavi olduqda t_{rad} üçün (7) düsturu ilə alınmış qiymətləri

Qəralaşmış rejimdə HX məftillərində hüdudi buraxıla bilən cərəyan yükləri şaquli istiqamətdə məftildən yerə və digər kəsişən obyektlərə qədər ən kiçik məsafələrin saxlanması şərti ilə vahid zamanda enerji ilə məcburi konveksiya şüalanmasına sərf olunan enerji itkilərinin bərabərliyi şərtindən Stefan-Boltsman qanunundan tapılır [5-6]:

$$I = \sqrt{\frac{\varepsilon C_0 \cdot (273 + t_{\text{hava}})^4 \pi d + \varphi_k [(t_{\text{hava}} - t_{\text{rad}}) - t_{\text{a}}] \cdot \pi d}{0.95 \cdot R_{20} \cdot [1 + 0.004 \cdot (t_{\text{hava}} - 20)]}} \quad (8)$$

burada R_{20} -20°S temperaturda məftilin sabit cərəyana müqaviməti; 0.95 - R_{20} -nin məftillərin ən böyük müqavimətlərinə görə hesablandığını nəzərə alan əmsal; $\rho = 0.00403$ 1/°S – alüminiumun müqavimətinin temperatur əmsalı; S- şüalanma vaxtı güc itkiləri, Vt/m; S= ndl – sahə, d-məftilin diametri, ε – məftilin səthinin 0.13 nisbi vahidə bərabər olan qaralması əmsalıdır.

Nümunə kimi AS-70/11 markalı məftillinin EVX havanın temperaturundan asılı olaraq hesablanmış hüdudi buraxıla bilən temperaturunun hesabatlarının nəticələrinə baxaq.

Cədvəl 1-də AS-70/11 markalı məftilin $t_{\text{rad}} = 0^{\circ}\text{S}$ qiymətində havanın temperaturundan asılı olaraq hesablanmış hüdudi buraxıla bilən temperaturunun (8) düsturu vasitəsi ilə hesablanmış qiymətləri verilmişdir.

EVX məftilinin temperaturu günəş radiasiyasının intensivliyindən buludların hündürlüyündən və sıxlığından asılı olaraq dəyişir. Yer səthində Günəş radiasiyasının intensivliyi il boyu dəyişir. Ən böyük radiasiya aprel-avqust aylarında yaranır.

Texniki ədəbiyyatda [5] günəş radiasiyasının intensivliyindən asılı olaraq AS tipli məftillər üçün aprel-avqust aylarında və göyün üzü buludsuz və mavi olduqda məftilin günəş şüalanmasından qızmasının (7) düsturu vasitəsi ilə hesablanmış qiymətləri verilmişdir.

AC-70/11 markalı məftil üçün saat 20-dən 24-ə qədər və saat 24-dən 7-yə qədər $t_{\text{rad}} = 14.7^{\circ}\text{S}$ qəbul olunur.

Cədvəl 2-də AS-70/11 markalı məftilin günəş radiasiyasının $t_{\text{rad}} = 14.7^{\circ}\text{S}$ qiymətində havanın temperaturundan asılı olaraq hesablanmış hüdudi buraxıla bilən temperaturu verilmişdir.

Cədvəl 1. AS-70/11 markalı məftilin günəş radiasiyasının $t_{\text{rad}}=0^{\circ}\text{S}$ qiymətində hüdudi buraxıla bilən yüklər.

№	Məftilin hüdudi buraxıla bilən temperaturu, $^{\circ}\text{S}$	Havanın temperaturundan asılı olaraq, məftilin hüdudi cərəyan yükləri, A, $^{\circ}\text{S}$					
		15	20	25	30	35	40
1	80	237.56	229.63	221.42	212.89	204.01	194.72
2	75	230.50	222.18	213.54	204.54	195.11	185.22
3	70	223.01	214.25	205.13	195.58	185.53	174.91
4	65	215.04	205.79	196.10	185.91	175.13	163.64
5	60	206.51	196.69	186.35	175.41	163.73	151.16
6	55	197.35	186.87	175.75	163.89	151.10	137.12
7	50	187.44	176.16	164.11	151.10	136.86	120.95
8	45	176.64	164.40	151.16	136.66	120.41	101.60
9	40	164.75	151.29	136.51	119.93	100.65	76.66
10	35	151.48	136.43	119.50	99.74	74.93	35.79
11	30	136.42	119.13	98.87	73.21	30.71	-

Cədvəl 2. AS-70/11 markalı məftilin günəş radiasiyasının $t_{\text{rad}}=14.7^{\circ}\text{S}$ qiymətində hüdudi buraxıla bilən cərəyan yükləri.

№	Məftilin hüdudi buraxıla bilən temperaturu, $^{\circ}\text{S}$	Havanın temperaturundan asılı olaraq, məftilin hüdudi cərəyan yükləri, A, $^{\circ}\text{S}$					
		15	20	25	30	35	40
1	80	213.41	204.55	195.29	185.56	175.30	164.39
2	75	205.09	195.69	185.82	175.40	164.32	152.43
3	70	196.16	186.15	175.57	164.30	152.21	139.07
4	65	186.54	175.79	164.35	152.05	138.66	123.83
5	60	176.09	164.46	151.94	138.30	123.15	105.86
6	55	164.63	151.90	138.00	122.53	104.81	83.40
7	50	151.91	137.75	121.96	103.80	81.69	50.71
8	45	137.57	121.45	102.83	79.99	47.14	-
9	40	120.99	101.91	78.31	43.35	-	-
10	35	101.03	76.64	39.25	-	-	-
11	30	75.00	34.75	-	-	-	-

Cədvəl 1 və 2 nəticələrinin müqayisəsi günəş radiasiyası nəzərə alındıqda ($t_{\text{rad}}=14.7^{\circ}\text{S}$) məftilin hüdudi buraxıla bilən temperaturunun ekvivalent qiymətlərində cərəyanın səviyyəsi daha az olur. Misal üçün havanın temperaturu 40°S , olduğu halda məftilin hüdudi buraxıla bilən temperaturunun 70°S qəbul olunduğu halda günəş radiasiyası nəzərə alınmadığı halda 194.72 A olduğu halda, günəş radiasiyası nəzərə alındığı halda 164.39 A təşkil edir. Bu da 30.33 A fərqə və ya 15.6 % xəta deməkdir. Yəni günəşin radiasiyası nəzərə alındığı halda məftilin hüdudi buraxıla bilən cərəyanın qiyməti 30.33 A azaldılmasına gətirilir.

İstismarda olan hava xəttlərinin məftillərinin texniki vəziyyətinin praktiki tətbiqinin şərtlərindən biri real vaxt müddətində monitoringinin aparılmasından ibarətdir.

Qeyd olunduğu kimi, hava xəttinin cərəyan yüklərinin hüdudi buraxıla bilən qiymətlərini istismar şəraitində monitoringi yük buraxma qabiliyyətinin təhlükəsiz və etibarlı

artırılması üsullarından biridir.

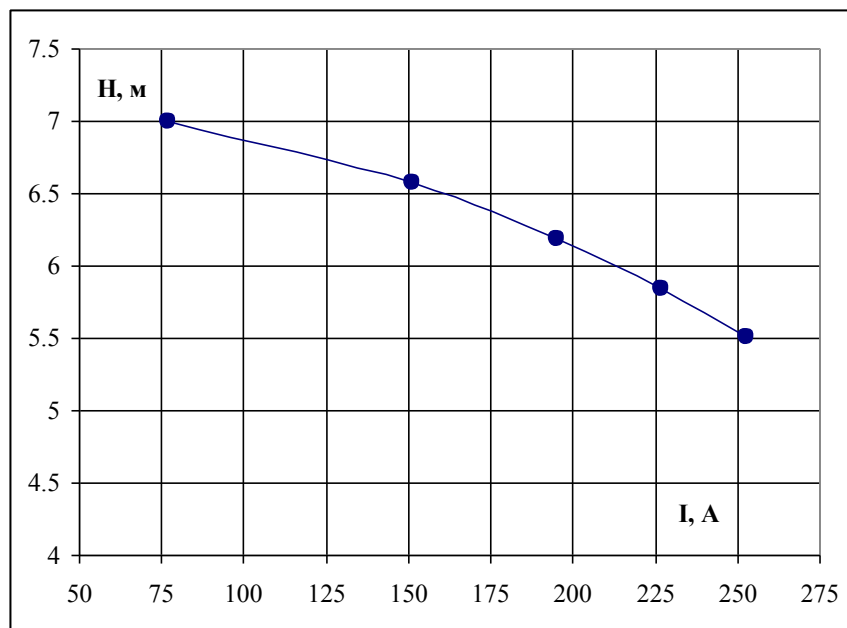
Məftilin gabaritinin hesabat qiymətləri yük cərəyanından, məftilin və digər parametrlərindən asılı olaraq düsturu vasitəsilə təyin olunur

$$\sigma - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24\sigma^2} = \sigma_m - \frac{\gamma_m^2 l^2 E}{24\sigma_m^2} - \alpha E(\vartheta - \vartheta_m) \quad (9)$$

Burada ϑ - məftilin verilmiş ilkin vəziyyətində temperaturudur, E – elastiklik əmsalı, σ -məftilin materialında gərginlik, l - məftilin uzunluğu.

(9) ifadəsi məftilin aşırında hal tənliyi adlanır. Məftilin metalında maksimal gərginliyin yaranması məlum ilkin şərtləri məlum olduğu halda (9) tənliyindən yeni hall üçün gərginliyini və sallanmasını təyin etmək olar. (9) tənliyi məchula nəzərən 3-cü dərəcəlidir.

Nümunə kimi şəx. 1-də AS-70/11 markalı məftilli EVX sallanmasının yükdən asılılığının (9) tənliyi ilə alınmış grafiki verilmişdir.



Şək. 1. Küləyin sürətinin $V=0.5$ m/c qiymətində EVX sallanmasının yükdən asılılığı grafiki.

Baxılan 35 kV-luq EVX yük buraxma qabiliyyəti məftilin hüdudi buraxıla bilən məftil-yer gabariti ilə məhdudlanır. AS-70/11 markalı 35 kV-luq EVX hüdudi buraxıla bilən yük cərəyanı 265 A təşkil edir.

Şək. 1-dən göründüyü kimi havanın temperaturunun orta və küləyin sürətinin kiçik qiymətlərində məftilin gabariti cərəyanın 150 A qiymətində yaranır. Küləyin sürətinin daha böyük qiymətlərində məftilin gabariti EVX yük buraxma qabiliyyətini artırmağa imkan verir.

NƏTİCƏLƏR

1. Küləksiz havada günəş radiasiyasından qızma nəticəsində HX məftillərinin temperaturunun diametrdən asılılığı təhlil edilmişdir.
2. Fəaliyyətdə olan HX üçün təlimatlara görə normalaşdırılmış məftil-yer qabariinin saxlanması şərtinə görə məftillərin hüdudi buraxıla bilən qızma temperaturunun hesablanması üçün t_{bur} alqoritm və proqram işlənmişdir.
3. AC 70/11 markalı məftillər üçün günəş şüalanmasının müxtəlif intensivlikləri üçün hüdudi cərəyan yüklərinin hesablanması nəticələrindən alınır ki, günəş radiasiyası

vaxtı hüdudi buraxıla bilən cərəyan yükləri günəşsiz və gecə vaxtı ilə müqayisədə 11-26% azaldılmalıdır.

4. АС 70/11 markalı məftillər üçün sallammasının yükдән asılılığı modelləşdirilmişdir. Hesabatlar göstərir ki, cərəyanın 100 А-дән böyük qiymətlərində gabaritin buraxıla bilən həddləri pozulur.

-
1. *Talıbov A.Ə., Bayramov M.P.* Neft mədənlərini qidalandıran elektrik veriliş xətlərinin etiballığının modelləşdirilməsi. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri. № 4(68). Bakı-2010. s.47-49.
 2. *Глазунов А. А.* Основы механической части воздушных линий электропередачи. М: ГЭИ, 1956.
 3. *Бургсдорф В. В.* Сооружение и эксплуатация линий электропередачи в сильно гололедных районах. М.: Госэнергоиздат, 1947.
 4. МТ 34-70-037-87. Методика расчета предельных токовых нагрузок по условию нагрева проводов для действующих линий электропередачи. М: Союзтехэнерго, 1987.
 5. *Никифоров Е. П.* Предельно допустимые токовые нагрузки на провода действующих ВЛ с учетом нагрева проводов солнечной радиацией. Электрические станции, 2006, № 7, с.
 6. *Воротницкий В.Э., Туркина О. В.* Оценка погрешностей расчета переменных потерь электроэнергии в ВЛ из-за неучета метеоусловий. Электрические станции, 2008, № 10, с. 42-49.

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УЧЕТОМ НАГРЕВА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИЕЙ

БАЙРАМОВ М.П.

В статье рассматриваются вопросы повышения надежности и эффективности использования воздушных линий электропередачи проведением мониторинга температуры и технического состояния применением современных информационно-коммуникационных технологий.

CALCULATION OF A SAFE LOAD OF A TRANSMISSION LINE TAKING INTO ACCOUNT HEATING BY SOLAR RADIATION

BAYRAMOV M.P.

In article questions of increase of reliability and efficiency of use of air-lines of an electricity transmission by carrying out of monitoring of temperature and a technical condition by using of modern information-communication technologies are considered.

STUDY ON APPLICATION OF DG SYSTEMS FOR DAMPING OF OSCILLATIONS OF OVER DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORK

M. SAFARZADEH¹ F.FATTAHI²

1. Institute of Radiation Problems of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

2. Azarbaijan Higher Educations and Research Complex, Tabriz, Iran

masudsafarzadeh@yahoo.com, fattahi1340@yahoo.com

Abstract- The development of Electrical networks For Feeding of loads be necessary to Generation of Electrical Energy by the Means to attention of any faults and Different factor to be come oscillations For example SSR.

Phenomena in over Distribution Networks. In this study we can show the effect of DG systems and Control to be decrease and damping of oscillations and cause to reach of power System to reliability situation.

Keywords: DG Systems, Damping, Oscillation, Distribution Network.

I. INTRODUCTION

In this paper we study on for this sample Electrical Network with together of two D.G systems As D.G (A) and D.G (B) units. Main network have special generation system as power Plants and we study the reliability of Network In fault time with effects of D.G systems and effects of D.G systems and Without D.G systems. Simulation diagram Show us that D.G systems will be more positive Effects to diagram of oscillations specially in Fault time.

I-1. Description of the wind turbine

The wind turbine chosen for its modeling has a radial shape, and is placed on "Azarbaijan", Wind generator of 660 kW and a nominal voltage of 690 V, with 125 kVAR capacitive compensation. After a step-up Ynyn transformer of 690/20000 V, each induction machine is connected through subterranean lines with the common bus at 20 kV. There is another step-up Dyn transformer of 20/63 kV that connects the wind turbine with a distribution line up to its connection through two Ynyn transformers of 68 MVA to the point of common coupling at 132 kV. The wind turbine help to feed two local loads at 63 kV, as sketched in the diagram.

A. DG Source

In This unit of our simulation formed by wind and bio-mass units as a DG system for inject Of energy to main network of source we have Any controlling system for fixing of operation.

B. DG Source

In this simulation we need to large generation D.G System to feeding and inject of energy to main network. We use from gas turbines to generate network about up to 50MW Power to feed of Network.

II. CONTROLLER SYSTEMS

In this study use controller systems for controlling by STATCOM and fuzzy controller. Of course STATCOM use for wind turbines and fuzzy logic systems use to control of DG (A) and DG (B) output for main network specially in full load feeding of distribution networks (Figure 1).

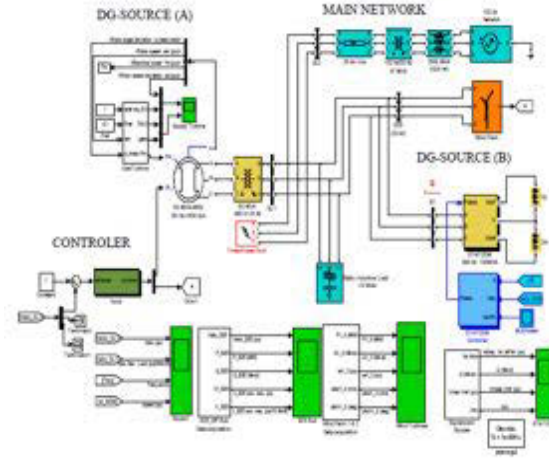


Fig (1): The simulation

The simulation results are shown in Figure-1. This paper show any valuable results to considering of DG Systems for peak-load of over distribution in electrical networks. Of course in over -distribution networks have very sensitively times for sensitively loads. The figures shows DG (A) and DG (B) can be controlled of any oscillation in network as over-distribute network. DG systems in this study can be gas turbine or wind turbine and can be change to another DG systems Effect of DG systems damping of any oscillation for correction of voltage & current profile.

A. Wind data for the simulations

In order to attain realistic behaviours with the simulations of the wind Turbine, to have consistent wind data is a key issue. In all cases, wind simulation will be done using real time wind data recorded in a Azarbaijan wind Turbine. In following table the resistance and

Table 5: Generator electric per-phase parameters

Parameter	Value
Rs , stator resistance	5.1 mΩ
Lls , stator leakage inductance	232.3 μH
Ls , stator inductance	13.2 mH
Lm, magnetizing inductance	31.9 mH
Rr , rotor resistance	101 mΩ
Llr , rotor leakage inductance	2.38 mH
Lr , rotor inductance	82.1 mH
n, turns ratio	0.4
P, number of pole	pairs 2

inductance of the subterranean lines.

The algebraic sum of formulated for each generator, as it is supposed that all generator transformers and subterranean lines are equal,

$$\text{produces } NV_{cb} = \sum_{k=1}^N V_{sk} + (L_g^t + L_{su}) \sum_{k=1}^N \frac{di_{suk}}{dt} + R_{su} \sum_{k=1}^N i_{suk} \quad (1)$$

If we now express $\bar{V}_s = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N V_{sk}$ and taking into account that $i_{cb} = \sum_{k=1}^N i_{suk}$ we can conclude that

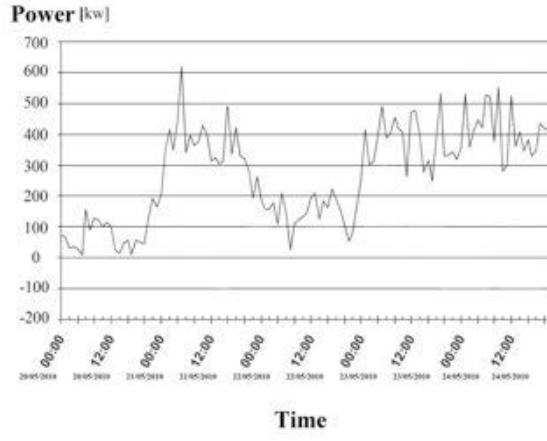


Fig (2): Wind Turbine Power measured curve

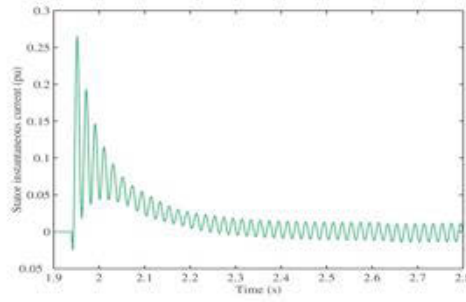


Fig (3): Instantaneous current at connection of generator

$$V_{cb} = \bar{V}_s + \left(\frac{L'_g}{N} + \frac{L_{su}}{N} \right) \frac{di_{cb}}{dt} + \frac{R_{su}}{N} i_{cb} \quad (2)$$

B. Distribution network

The equations of the distribution system that connects the wind turbine to the main network are the following:

$$\begin{aligned} & +L_{l2} \frac{d}{dt} (i_{pcc} - i_1 - i_{l1}) \\ & R_{l2} (i_{pcc} - i_1 - i_{l1}) + L_{l2} \frac{d}{dt} (i_{pcc} - i_1 - i_{l1}) - (3) \\ & R_{l1} i_{l1} + L_{l1} \frac{di_{l1}}{dt} \\ & = R_1 i_1 + (L_1 + L_{cb}) \frac{di_1}{dt} + V_{66} \quad (4) \end{aligned}$$

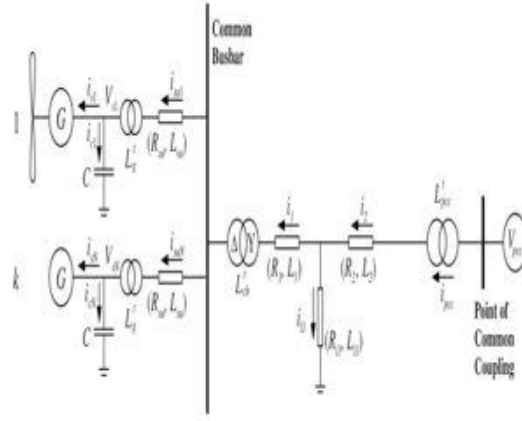


Fig (4): Per-phase equivalent circuit of Typical Real Network in Iran

In addition, the relation between currents of both sides of the transformer is:

$$\begin{bmatrix} i_{cb}^a \\ i_{cb}^b \\ i_{cb}^c \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1^a \\ i_1^b \\ i_1^c \end{bmatrix}, \text{ or } i_{cb} = \frac{1}{\sqrt{3}} M_i i_1$$

Given that

$$i_{cb}^a = \sum_{k=1}^N i_{suk}^a, i_{cb}^b = \sum_{k=1}^N i_{suk}^b, \text{ and } i_{cb}^c = \sum_{k=1}^N i_{suk}^c$$

$$\begin{aligned} R_{i1} i_{i1} + L_{i1} \frac{di_{i1}}{dt} &= R_{i1} i_{i1} + (L_{i1} + L'_{i1}) \frac{di_{i1}}{dt} \\ &+ \frac{1}{\sqrt{3}} M_r \begin{bmatrix} \bar{V}_i^a \\ \bar{V}_i^b \\ \bar{V}_i^c \end{bmatrix} + \frac{R_{i12}}{3N} M_r M_i \begin{bmatrix} \xi_i^a \\ \xi_i^b \\ \xi_i^c \end{bmatrix} \\ &+ \frac{L_{i12} + L'_{i12}}{3N} M_r M_i \begin{bmatrix} d\xi_i^a / dt \\ d\xi_i^b / dt \\ d\xi_i^c / dt \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (5)$$

between the generators and the Point of Common Coupling, matrix of coefficients $\mathbf{A}$ of *system* will be known, and it is possible to compute its inverse $\mathbf{A}^{-1}$ before the simulations. Consequently, in order to compute efficiently the state equations of i_{pcc} , i_{i1} , and i_1 at simulation stage, the equation to be followed is given next,

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{pcc}^{abc}}{dt} \\ \frac{di_{l1}^{abc}}{dt} \\ \frac{di_1^{abc}}{dt} \end{bmatrix} = (A^{-1}).b \quad (6)$$

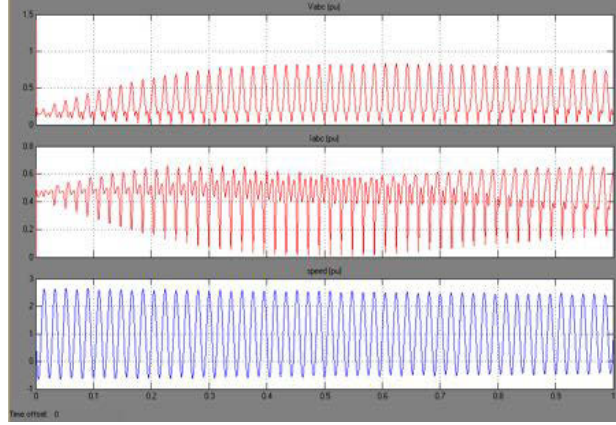
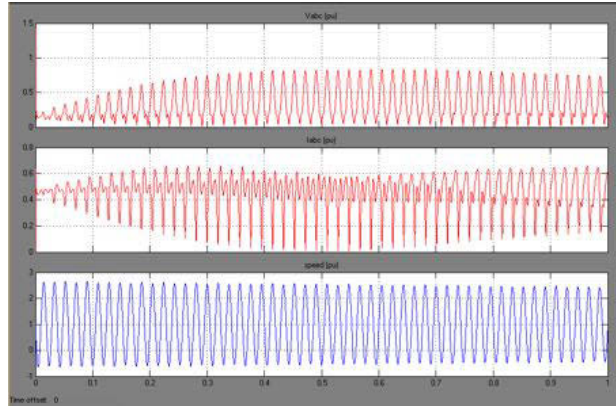
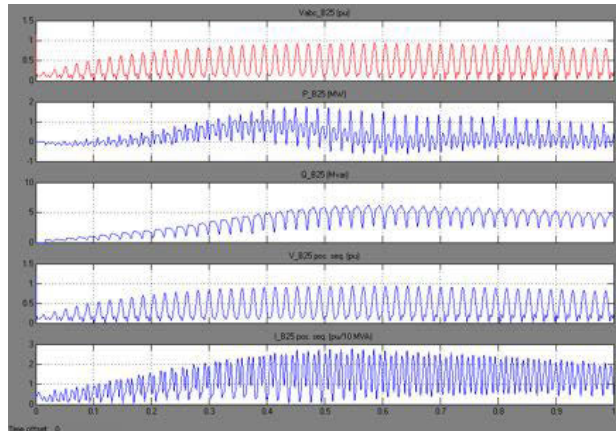


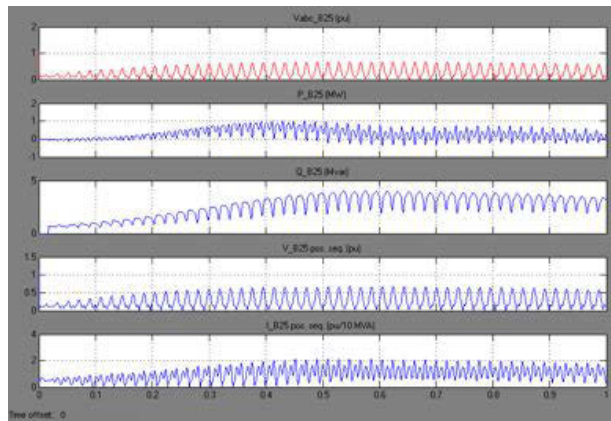
Figure (5): Simulation results for DG system (A) without STATCOM



Figure(6): Simulation results for output of DG (A) to feed of load



Figure(7): Simulation result for DG (B) without controller



Figure(8): Simulation result for DG (B) with controller

III.Result

Attention to operation of wind and gas turbine and impact to electrical network for example in azarbaijan network can to get a technical result about economical operation of systems that the output of gas turbine to operation of wind turbine at the variation of time. In this case when we have been any out put by wind turbine in this time by order of control system (Fuzzy Logic) must be generation of gas turbine decreased and it is a economical state to operation of wind and gas turbine to **save of energy** by gas turbine against to network this result can be shown by following diagrams.

REFERENCES

1. Modeling of distributed generation (2002/elsiver)
2. Application of DG system for stabilizing of electrical network and improvement (2003/IEEE/UK)
3. Technical reports about impact of new DG systems on electrical networks and results (2004/Koopenhak/Denmark)
4. "The Encyclopedia of Alternative Energy and Sustainable Living", <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/AEmain.html>
5. K.H. Hussein, I. Muta, T. Hoshino, M. Osakada, "Maximum Photovoltaic Power Tracking: An Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Conditions", IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, Vol. 142, No. 1, 1995, pp. 59-64

BIOGRAPHIES



Masud Safarzadeh was born in Tabriz, Iran, 1955. He received the B.Sc. degree in power engineering from University of Mazandaran (Sari, Iran) in 1980 and the M.Sc. degree from University of Tabriz (Tabriz, Iran) in 1998. He is currently researching on renewable energies and dispersed generation. He is a candidate on Ph.D. in Azerbaijan National Academy of Scientifics (Baku, Azerbaijan). Now, he is scientific staff of Azerbaijan Higher Education and Research Complex (Tabriz, Iran). He is lecturing in distribution systems, renewable energies, illumination, dispersed generation, electrical installations and has many papers in the above mentioned subjects.



Farrokh Fattahi was born in Tabriz, Iran. He received his B.Sc. in Electrical Engineering and M.Sc. degree From Amir-Kabir University in 1998 were he is currently working toward the Ph.D. in electrical engineering in Azerbaijan National Academy of Sciences (Baku, Azerbaijan). He got valuable Results about Application of Laser in Electrical and Electro-medical Engineering. by license of Cleveland University of USA. Recently he study on Management of DG Systems on Elec. Networks.

**PAYLANMIŞ ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNDƏ GƏRGİNLİK DƏYİŞMƏLƏRİNİN
LƏĞV EDİLMƏSİ ÜÇÜN PAYLANMIŞ GENEREASIYA SİSTEMİNİN TƏTBİQİ**

SƏFƏRZADƏ M., FƏTTAHİ F.

Paylanmış generasiya sisteminin gərginlik dəyişmələrinin azaldılmasına və enerji sisteminin etibarlı istismarına təsiri tədqiq edilmişdir.

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ
ПОДАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЯХ**

САФАРЗАДЕ М., ФАТТАХИ Ф.

Исследовано влияние систем распределенной генерации на уменьшение колебаний и обеспечение надежности работы энергосистемы.

TURBINES

ALIREZA SALIMI RIKANI

Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Science

Human beings have manipulated the nature for the advancement of the technology and this is human who has been always on one side of this battle front and for his existence has not hesitated making any attempts for transformation in environment neglecting that these changes to improving living conditions on the earth, in the near future what disasters and tragedies will bring and man will be facing with wrath of earth, hence human since the beginning of industrial development must have made required provisions and with lack of awareness about what effect other living creatures have on our lives just has thought to his welfare. For example, by consuming fossil fuel, has added extra carbon into the nature which caused the earth temperature rising and finally has caused the loss of some species of animals and plants also by producing the chemicals and leading them to rivers and at last to seas has caused the loss of life at seas. Now this question arises that is this smart creature ready to step in which way for his advancement

Scientists have concluded that right use of energy and its saving and also use of natural energies such as water, wind, sun and bio gases which are energies that do not cause pollution in nature is so helpful. At this article I will discuss on water as the greatest natural source of energy also the ways and devices of producing energy from this unique element.

Water this gift of nature to human and other living creatures, is one of the most clear energy sources to human. Human this smart creature from the beginning of creation has been in the idea of harnessing and making use of it. All hydraulic laws and formulas which are used in engineering calculations today, is an affirmation of human sensitivity to this substance. Construction of hydroelectric power plants to generate electricity, transition of trees by rivers water, production of electricity from sea waves for cooling off the nuclear and thermal power plants, the use of windmills to produce flour from wheat, the use of water in medical for treatment which is called hydrotherapy and in production industry the use of water energy as a means of cutting are examples of water energy usage.

Classification

In this section we will discuss about a machine which converts hydraulic energy into mechanical energy then the converted energy is converted into electrical energy by a generator, which provides more than 80% of human energy requirements, and also types of these machines, physical formulas of energy conversion and efficiency. These hydrodynamic machines that are subset of rotodynamic machines are called turbo machines. The name rotodynamic is due to the rotational part named rotor, which is a fundamental part of this machine and the mutual dynamical effect among rotor and fluid is the basis of their mechanism. Mounted blades on rotor form some passages from which continuous fluid flow causes rotor rotation. Transition of energy from fluid to rotor or vice versa is performed by rotodynamic operation. Based on the energy transfer direction, turbo machines are divided into two types:

1-machines in which the energy is transferred from fluid to rotor are called turbine like hydro turbines - steam turbines - gas turbines and etc.

2-On the other hand are machines in which energy is transferred from rotor to fluid. These machines are called pump if the fluid is incompressible and they are called compressor if the fluid is compressible.

As our discussion in this article is about natural energy usage so we will consider turbines.

Types of turbines

Peloton Turbines

The mechanism in this turbine is based on impact and is named after its American inventor, Allen Peloton. Its components are spear, nozzle, runner, buckets and casing. The mechanism is in such a way that water passes through iron pipe and strikes buckets with very high velocity and transfers the required energy. Peloton turbines are suited to high head and low flow applications.

Francis Turbines

This turbine is invented by the American James Francis and is applicable for medium flows and medium head. This turbine's mechanism is in such a way that, water flow enters in a radial direction towards the axis and exits in the direction of the axis at the output edge so it is called mixed flow turbine and its components consist of entrance pipe, helical casing, conductive blades, runner part, discharge pipe. These turbines are also called diagonal turbines.

Kaplan Turbines

The Kaplan turbine is invented by a German scientist and is used for high flows and low head. The Kaplan's blades are adjustable by oil hydraulic force.

Now with a tacit knowledge of types of regular turbines and method of their selection, here the performance of fluid, water, which is introduced as incompressible fluid and is all natural that does not add any pollution to natural environment and also its mutual effect with turbine, is investigated.

Peloton turbines' components are as follows:

- 1-Nozzle or adjust pin
- 2-Runner part with buckets
- 3-Casing

The mechanism is in such a way that water enters spear through directing pipes from high head and high head of water converts to high velocity at jet nozzle. Water jets impact on the buckets of the runner part and because of the impact force, energy transfers to runner part. Water after passing buckets falls downstream. For causing high efficiency water jet must be compressed and cylindrical.

Peloton wheel nozzle closes to inlet water, this pipe as is shown in below figure is bent at the closest turbine. This bent is considered to fix adjust pin. Pin is kept by fixed blades which are welded to pipe. At the bent part of the pipe a small check valve is considered for cleaning or replacement of leading passage. Nozzle in small wheels is made of cast iron and in big wheels is made of steel, meanwhile during machining, its surfaces are grinded to the required size. Inside the nozzle there is a bearing for pin adjustment. Grease is used as lubricant for lubrication nozzle. A radial hole is used for lubrication which is located between among passage guide.

Runner part with buckets

Generally runner part with its buckets is an integrated body which is made of special casting steel and they are rarely forged. Axis part has a cylindrical cross section and is bolt to axis. Bucket is the most important part of peloton wheel which is exposed to erosion due to sand particles or water with inappropriate chemical compound. Based on amount of water head and

its quality buckets are made of steel, special steel or stainless steel. Except in impellers, cast iron is not used due to its undesirable properties in welding. Buckets may cast integrated with impeller plane or may bolted to impeller plane separately, duplex or in a batch.

Casing

Peloton wheel casing contains bearing and must protect nozzle and bent pipe. Usually the casing is made of cast iron. It's upper part must be sealed in order to prevent reaching air to impeller and lower part must be wide enough to prevent reaching water to impeller. Casing width must be 15 times the jet diameter. In order to prevent concrete wash off, the turbine chamber which is located in front of the main nozzle is covered with a layer of steel sheet. In large turbines this is necessary. Lower part of turbines must be discharged completely, otherwise water at below will level up to the impeller surface.

Flow transition through buckets in peloton wheel

In order to investigate water flow through wheel and how the mechanism by which energy transfers to it, we must peruse shape of bucket, its size and size. With water flow through buckets, energy transfers to wheel. In figure below, 3 bucket cross sections are shown. Bucket shape is like 2 attached spoon and have direct interface. Water jet inflow strikes buckets at the center of the interface which is called divider, and divides into two parts. And after being deviated 160-170 degrees, separates from the output edge. Advantage of existing two buckets is that as axial forces (forces perpendicular to flow direction) are equal but in opposite directions, they neutralize each other. Hence another force does not enter to the axis of the wheel. The end part of the bucket has a notch as a result surface of buckets at this part goes higher and water which strikes these parts will not be able to deviant 160-170 degrees, but instead it deviants back side and so strikes the other bucket and also gives the opportunity to jet in order to flow in, before that bucket reaches the A point. This figure is a natural arrangement because water particles which have stroked bucket will fall down radially and axially at the end of their way.

The shape of the bucket must be so that to make it able to redirect water direction 180 degrees after collision, that not only make use of impact force of water but also make use of the reaction force of the outgoing jet. But this is not practical because if it was possible the returning water would collide back of another bucket and this will cause stopping force.

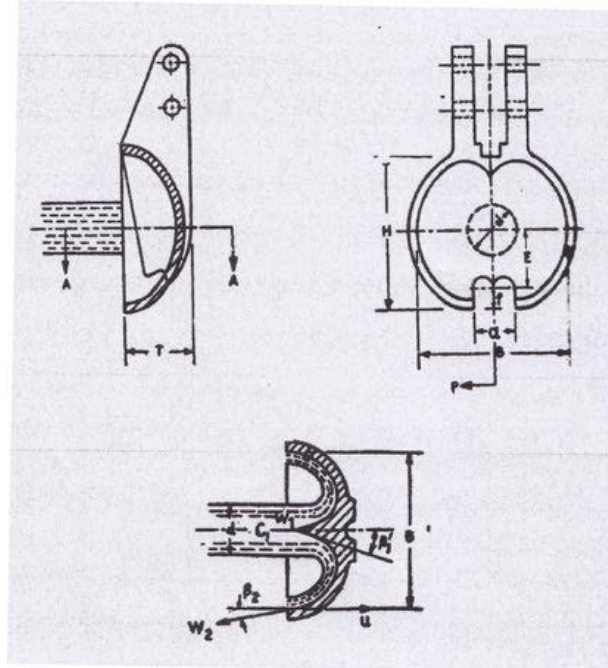


Fig.1

To prevent the collision of outgoing jet with back of other buckets, the angle of the output edge of the bucket will be considered about 15 degrees (between 10 to 20 degrees). As the input angle of the bucket is zero, two spoons must cut off each other in an interface. This action is practical to a great extent. Also it should be mentioned that this part of the bucket is against direct impact of water so it must be reinforced. Input angle of the bucket, β_1' , is generally between 3-7 degrees but in all calculations, for simplicity it is considered equal to zero $\beta' = 0$. As the surface of the bucket is spherical, output angle of the blade tip, is not equal across the output edge

Important measures in buckets

Before definition of the important sizes in Peloton turbine bucket, it is necessary to define a mathematical formula for it. Also it must be considered that since now engineers have been able to calculate inner angle of the buckets just with trial and error and empirically. But we want to enhance the efficiency of this type of turbine with the help of mathematics. Referring the below figure, it is obviously considered that which factors are the most important effecting factors in a pump's efficiency.

- Width of the bucket in axial direction
- Head of the bucket in radial direction
- Depth of the bucket in tangent direction
- Angles which are made by the edges of the bucket at input and output in the opposite direction of the flow

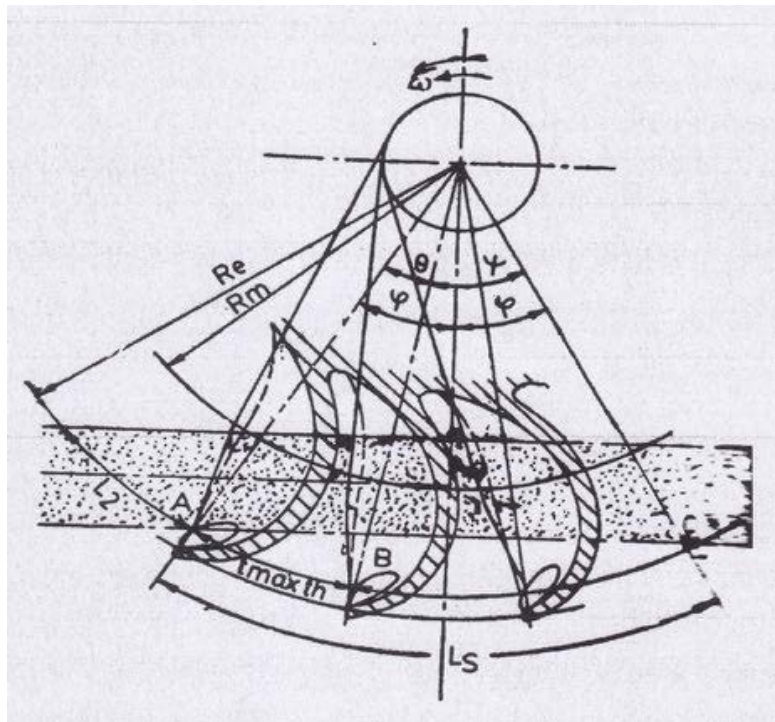


Fig.2

First three measures have a direct relation with the jet size that gets out of nozzle. It is obvious that with the minimum amount of water that gets out of nozzle and strikes buckets, the width of bucket measure, B, must be equal to 3 times d ($B=3*d$). As the width of the edge of the buckets that reverts water, have thicknesses and height of the buckets as from the moment that jet strikes buckets since disconnection moment on the bucket varies in radial direction and as inside of the buckets is concave and length from center to the edge has a curvature so when the surface of the buckets goes up it will not be able to deviate water jet sufficiently. Therefore, height of the buckets to some extent depends on jet diameter and to some extent

depends on the angle which creates at either sides of the vertical line from the collision of water jet with the bucket. Actually, it's size is 2.5 times the size of jet diameter ($H=2.5d$). in practice, the concave depth of the bucket is selected in such a way to set back jet after collision, without collision to the other bucket and it is called tangent distance and it's measure must be ($T=0.9d$). At last, blade angle must be 15 degrees. (β_1', β_2')

Mathematical formulas for calculation of the number of the buckets:

In Peloton wheel the number of the buckets is basically defined by considering the two points below:

- The number of the buckets must be low as much as possible in order to generate the lowest friction losses.
- Maximum use of jet must be made in order to have the lowest amount of volume losses. If we consider Z as the number of the buckets in Peloton wheel, and θ as the angle between two buckets, then we will have:

$$Z = \frac{360}{\theta} \quad (1)$$

Referring the previous figure, spots which are specified as A,C in angular distance at either sides of the vertical central line, are spots in which jet disconnects completely. It means that before bucket reaches the A position and after that leaves the C position, jet cuts off completely. So it is clearly obvious that the measure of θ angle must not be greater than 2φ .

Now, consider a condition in which the 2 bucket is at the A position, the 1 bucket which is at the position B, locates behind the 2 bucket and makes an angle equal to θ , whit it. The angle between the positions B and C is ψ , so:

$$\theta = 2\varphi - \psi \quad (2)$$

Thus:

$$Z = \frac{360}{\theta} = \frac{360}{2\varphi - \psi} \quad (3)$$

Now, it is considered that from the left jet of the 2 bucket is used completely by the 2 bucket and other buckets which come subsequently and the right jet of the 1 and 2 buckets has not been used yet, so in order not to waste a particle of water, it is necessary that the latest water particles which are at the right part of the 2 bucket, go through the horizontal distance between two final positions accurately at the moment when the number 1 bucket covers the angular distance ψ , so:

$$\begin{aligned} \text{Time} &= \frac{\text{horizontal distance between B,C}}{\text{jet velocity}} = \frac{1}{C_1} = \frac{\text{Angular distance } \psi}{\text{Angular velocity } \omega} = \frac{\psi}{\omega} \\ \frac{1}{C_1} &= \frac{\psi}{\omega} \end{aligned} \quad (4)$$

The average radius of runner part, R_m , is the distance between center of the axis to a point at the center of the bucket edge, where jet strikes vertical to the bucket plane to it. As bucket disconnects water jet at a φ distance from the vertical axis, so external radius must be greater than $R_m + 0.5d$. Always linear lengths can be correlated to each other and write:

$$\text{External radius } R_e = R_m + kd$$

K is a constant term.

According to the previous figure we can write:

$$\cos \varphi = \frac{R_m + 0.5d}{R_e} \quad (5)$$

$$\cos \varphi = \frac{R_m + \frac{d}{2}}{R_m + kd} \quad (5A)$$

$$\cos \varphi = \frac{1 + \frac{d}{D_m}}{1 + \frac{2kd}{D_m}} \quad (5B)$$

Ratio of D_m , average diameter of the runner part, to d , minimum jet diameter, is called jet ratio, m , that we will see its importance at the upcoming chapters. Substituting jet ratio at the (5B) equation we will have:

$$\cos \varphi = \frac{1 + \frac{d}{m}}{1 + \frac{2kd}{m}} \quad (5C)$$

so the φ amount can be defined having non dimensional linear constant amounts from the experiment results. Value of the m obtained from the experiment is for maximum efficiency between 10-14 and value of k according to Gibson's proposal is between 0.56-0.6. At past the practical amount for m is between 10-25. Horizontal distance L between limiting positions A and C can be written considering angle φ . So:

$$l = 2R_e \sin \varphi \quad (6)$$

$$= 2(R_m + kd) \sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}$$

$$= 2R_m \left[1 + \frac{2k}{m} \right] \sqrt{1 - \left[\frac{1 + \frac{1}{m}}{1 + \frac{2k}{m}} \right]^2} \quad (6B)$$

And angular velocity ω is obtained by the below equation:

$$\omega = \frac{U}{R_m} \quad (7)$$

Substituting L and ω values from equations (6 B) and (7) in equation (3) we will have:

$$\frac{2R_m \left[1 + \frac{2k}{m} \right] \sqrt{1 - \left[\frac{1 + \frac{1}{m}}{1 + \frac{2k}{m}} \right]^2}}{C_1} = \frac{\psi}{\frac{U}{R_m}} \quad (8)$$

$$\psi = \frac{2U}{C_1} \left[1 + \frac{2k}{m} \right] \sqrt{1 - \left[\frac{1 + \frac{1}{m}}{1 + \frac{2k}{m}} \right]^2} \quad (8A)$$

So if beside k and m constants other non dimensional values and ratio between tangential velocity of the wheel U and jet velocity is specified too, then ψ angle is.

After defining ψ, φ values from equations (5B) and (8A), we can find θ, Z values from equation (2) and (3) respectively. This theory is a simplified theory indeed; because a flat plane is considered as a bucket and the relative velocity is not considered too. Considering these items it can be shown that the maximum theoretical step is equal to:

$$S_{\max} = L_s \left(1 - \frac{U}{C_1} \right) \quad (8B)$$

That L_s is the arc length between A and C at outer circle.

The above theory can be simplified. If the tangential velocity of the wheel U, is the half of the jet velocity at 100% efficiency (in theoretical) and ideal mood, then it is necessary that the number 1 bucket to be located at the central position vertical to jet. Because it is just in this case that it could cover the horizontal distance L/2. Whereas the right part of the 2 bucket must cover the L distance. Then at this case we have:

$$\varphi = \theta + \psi \quad (9)$$

And the (5C) equation is necessary for buckets.

Unfortunately, the number of the buckets which is calculated with both above theories is nearly twice the amount which is use in practice. These unsuccessful theoretical results lead to many experimental relations. One of these relations which is widely used is proposed by Tigon and is as follows:

$$Z = 0.5m + 15 \quad (10)$$

Gibson proposes the following equation for the number of the buckets:

$$Z = (\text{constant number}) \sqrt{\frac{m}{2}} \quad (11)$$

That considers the constant value between 7-8. Greater value is considered for impellers with smaller diameters. This equation, usually estimates the number of the buckets lower than the practical number of them.

Referring equation (10) it could be said that the number of the buckets is almost constant. Because at this equation the amount 15 plays a key role, If the amount of the jet coefficient is taken between 10-14, then the number of the buckets will be between 20-22 and consequently the equation (10) does not cause much difference. So, as the theoretical relation estimates the number of the buckets twice it's practical number it can be written:

$$Z \approx \frac{360}{2\varphi} \quad (12)$$

Some researchers believe that the number of the buckets obtained theoretically, is so much that there is not enough space at the perimeter of the impeller to fix them, unless we increase the jet ratio m inevitably. The main question remains unanswered any way that weather the theory is correct or not. With the number of the buckets chosen in practice, jet motion between two buckets reduces significantly. In this case the volumetric efficiency of the Pelton

wheel highly reduces. In practice volumetric drops does not reduce more than 3% of the produced energy in nozzle.

Ideal velocity diagrams

We draw ideal velocity diagram for water flow passing through a bucket. This diagram is drawn in at a condition in which jet strikes center of the bucket vertically. As the nozzle usually locates vertical to the bucket, angle of nozzle α_1 is zero and also the input angle of the bucket edge is considered zero.

Therefore the input velocity triangle (below figure) is a straight line and the relative velocity at the input W_1 is equal to:

$$(13) W_1 = C_1 - U_1$$

$$C_{1U} = C_1 \cos \alpha_1 = C_1$$

As the distance of inner and outer edges of bucket from the center of the rotation is equal to each other, therefore:

$$U = U_1 = U_2 \quad (14)$$

As the pressure of the passing flow through the bucket is equal to atmospheric pressure (an impact turbine), therefore if the effect of gravity is not considered, from the Bernoulli equation we have:

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{W_1^2}{2} = \frac{P_a}{\rho} + \frac{W_2^2}{2} \quad (15 A)$$

$$W_1 = W_2 = C_1 - U \quad (15B)$$

In practice, the relative output velocity due to friction and air resistance is lower than W_1 .

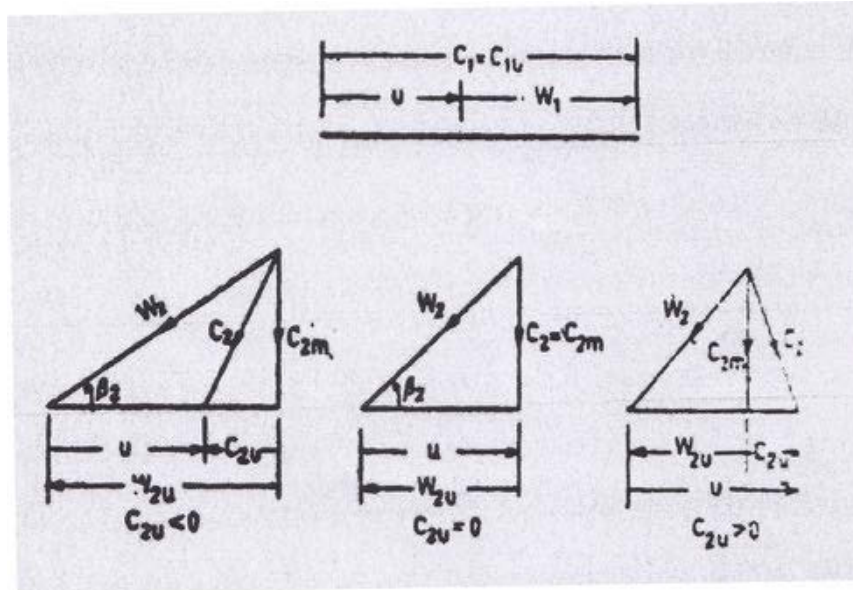


Fig.3

The three shapes plotted at above figure for output section, are dependent on the wheel velocity. However it is tried to select the absolute velocity of the output, C_2 as small as possible, because $\frac{C_2^2}{2}$ indicates the wasted energy of the flow per a kilogram of water.

At the triangle of the output velocity as it is shown at above figure (C_m in negative) we have:

$$F = (C_{1U} + C_{2U}) \quad (16)$$

$$F = C_1 + (W_2 \cos \beta_2 - U) \quad (16 A)$$

$$F = C_1 + W_1 \cos \beta_2 - U \quad (\text{Assuming } W_1 = W_2) \quad (16 B)$$

F is the tangential force to a kilogram of water

replacing $W_1 = C_1 - U$ (16B) we will have:

$$F = C_1 + (C_1 - U) \cos \beta_2 - U \quad (16 C)$$

$$F = (1 + \cos \beta_2)(C_1 - U) \quad (16 D)$$

Work done on a wheel per kilogram of water:

$$Work = (1 + \cos \beta_2)(C_1 - U)U \quad \text{J/kg} \quad (17)$$

Produced energy by jet per kilogram of water:

$$E = \frac{C_1^2}{2} \quad (18)$$

Therefore, efficiency of the bucket is equal to:

$$\eta = \frac{2U(C_1 - U)(1 + \cos \beta_2)}{C_1^2} \quad (19)$$

To find the bucket velocity, U, in which the efficiency is maximum, we have:

$$\frac{d\eta}{dU} \quad (20)$$

Thereupon:

$$U = \frac{C_1}{2} \quad (21)$$

Replacing, this value in equation (19), gives the maximum efficiency:

$$\eta_{\max} = 0.5(1 + \cos \beta_2) \quad (22)$$

And for the case $\beta_2 = 0$ (for half-spherical buckets) we have:

$$\eta_{\max} = 1 \quad (22 A)$$

Comparing this result with flat planes of the (11) equation, superiority of half-spherical buckets over flat planes clarifies.

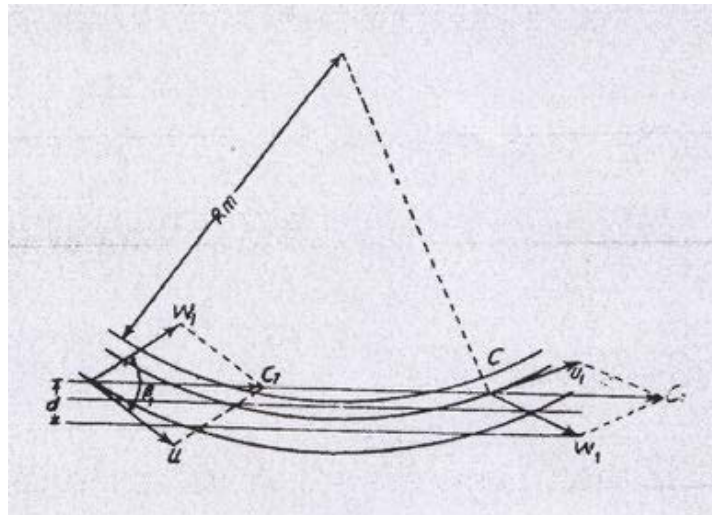


Fig.4

At this part it should be noted that the input velocity triangle is a straight line only when the bucket locates in a specific location. For other cases, such as A and C locations the input velocity diagram is the same as above figure. It is clearly observed that the velocity diagram of the previous page is exactly the average of the two limiting position diagrams.

Jet diameter selection

Previously, we stated important measures of the Pelton wheel in terms of jet diameter. Before selection of a turbine for a specific facility, some assumptions such as accessible net head, H , average amount of water, Q that can be taken from the reservoir. By selecting the accessible pressure head at nozzle, equal to the total available head in machine, (this assumption is virtual, because Pelton wheel is a turbine with high head, and mounts directly on the rest of flow) and from mechanic fluid, C_1 , jet velocity is equal to:

$$C_1 = k_v \sqrt{2gH} \quad (23)$$

In which, k_v is nozzle coefficient:

$$k_v = 0.98 \text{ to } 0.99$$

Passing flow through nozzle is equal to:

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 C_1$$
$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 k_v \sqrt{2gH} \quad (24)$$

Above equation gives the jet diameter (nozzle diameter will be a bit greater than jet diameter). The remaining two measures that have not yet been decided on include: the slot width which must be created on the bucket, a , and the minimum distance of the central edge from the point where circle cuts the central edge of the bucket, E . these measures are defined by experimental results and are:

$$A = 1.5d$$
$$E = 0.85d \quad (25)$$
$$F = 0.35d$$

Velocity ratio

Ratio of the tangential velocity of the wheel U to $\sqrt{2gH}$ which has the velocity dimension is called velocity ratio (k_U).

According to dimensional analysis, it is better to express important natural phenomena by non dimensional values. For example, turbine efficiency can be described by k_U, k_v that are dimensionless. Considering nozzle as a part of Pelton wheel, hydraulic efficiency is equal to:

$$\eta_h = \frac{U(C_1 - U)(1 + \cos \beta_2)}{gH} \quad (26)$$

Assuming $C_1 = k_v \sqrt{2gH}$, $U = k_U \sqrt{2gH}$ there will be:

$$\eta_h = 2K_U(K_v - K_U)(1 + \cos \beta_2) \quad (27)$$

Theoretically, ideal value for K_U in 100% efficiency is 0.5. In practice, amount of K_U by selecting $\beta_2 = 15^\circ, K_v = 0.95$ is calculated by the following method:

$$\eta_h = 2K_U(0.98 - K_U)(1 + 0.996)$$
$$\eta_h = 3.932K_U(0.98 - K_U) \quad (28)$$

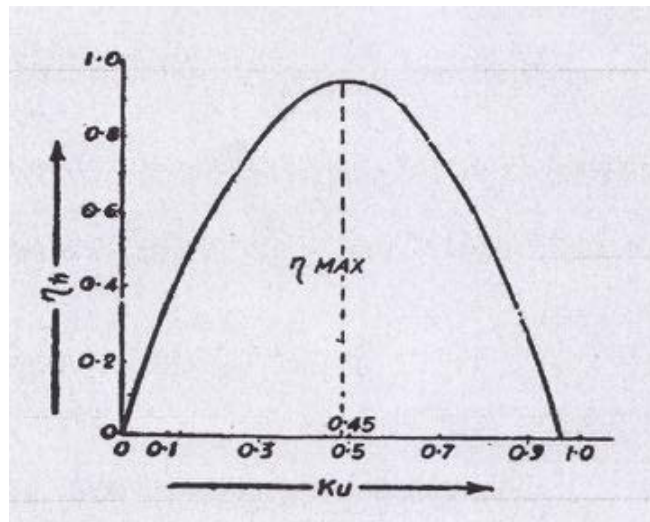


Fig.5

The above term, gives the maximum efficiency when K_U is between 0.44 and 0.46. Diagram of the η changes in terms of K_U is plotted at the following figure. In practice, K_U is usually considered equal to 0.46.

In addition to the dimensionless terms discussed earlier, another term is also frequently used at hydraulic machines. The term is referred as specific velocity.

$$\eta_{sp} = \frac{n\sqrt{P}}{H^{1.25}}$$

This term is not actually dimensionless.

At previous diagram, the number of the buckets Z , jet ratio $m = \frac{D}{d}$ and efficiency are

considered as a function of the specific velocity and is related to the range of the practical variations of the Pelton wheel.

For Pelton wheel that has one water jet, specific velocity varies from 17 to 25 and based on the number of the buckets it varies between 20 -26. Jet ratio is variable between 9-14 and efficiency is variable between 88%-90%.

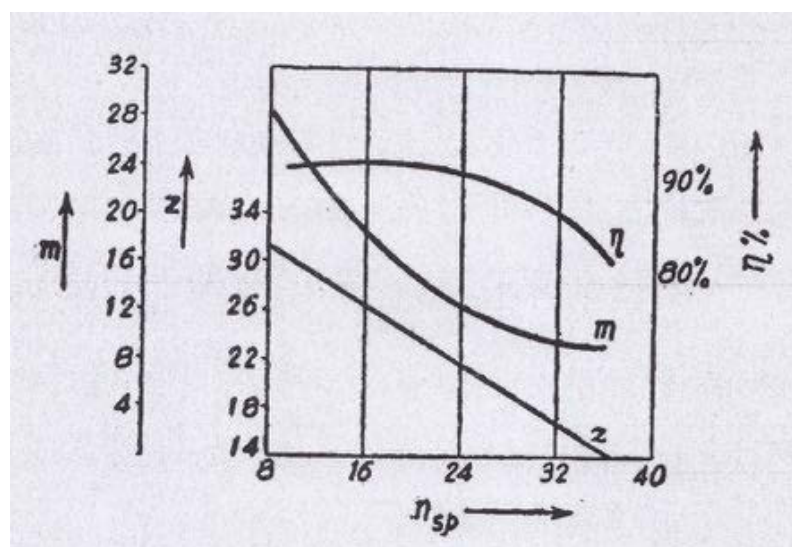


Fig.6

The number of jets

When great amount of water exists in high head and it is not possible to make use of all of it by a nozzle, the following solutions exist:

- 1) Applying, a great number of machines that each of them uses a separate nozzle
- 2) In a case that above method is costly, the following methods can be used:
 - a) Mounting two wheels on a single axis (it is defined as suspended sequence)
 - b) Using two or more nozzles in a wheel. In practice the number of nozzles used in is not more than 4, but recently wheels with six nozzles are made.
 - c) Using a combination of a and b, so mounting two wheels on an axis and making use of more than one nozzle.

In practice it is better to make use of vertical axis turbines with a great number of nozzles.

Reference

M.B.Ehgagi. Department of Mechanical Engineering. Tabriz University. Turbomachine Letters, 2010.

TURBİNLƏR**ƏLİREZA SALİMİ RİKANI**

Məqalədə suyun enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi və müxtəlif növ enerji çevrilmələri müzakirə olunur.

ТУРБИНЫ**АЛИРЕЗА САЛИМИ РИКАНИ**

В статье обсуждаются вопросы преобразования энергии воды в механическую энергию и описываются различные типы механизмов – преобразователей.

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОДНОФАЗНЫХ ЦЕОЛИТАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

ГАШИМОВ А.М., ГАСАНОВ М.А., ЗАКИЕВА И.Г.

Институт Физики НАН Азербайджана

Исследованы процессы электризации твердых пористых однофазных цеолитов. Зарядка цеолита проводилась в поле барьерного разряда. Методом термостимулированной релаксации (ТСР) выявлено, что в указанных материалах имеются объемные центры накопления поверхностного и объемного заряда.

Адсорбционные процессы протекают при контактировании газов, жидкостей с поверхностью твердого тела.

Адсорбционные процессы очистки жидкостей, в том числе, питьевой и сточной воды, широко используются в химической промышленности, водохранилищах и других отраслях техники [1]. Перспективность адсорбционного метода очистки и потребности практики требуют изучения возможностей дальнейшей интенсификации адсорбционных процессов, создания научных основ и средств управления ими в ходе проведения технологических операций. Одним из таких средств управления является воздействие на протекание адсорбционного процесса электрических разрядов в газах.

Особо эффективными являются воздействия на адсорбционные процессы неравновесных видов электрического разряда, таких, как барьерный или коронный, характеризующихся большим отрывом электронной энергии от энергии других частиц газа, отсутствием значительного нагрева среды, малой энергоемкостью, экономичностью, технологичностью [2,3].

Применительно к пористым адсорбентам (силикагель, цеолит) известно, что воздействие на них электрических разрядов значительно увеличивает их адсорбционную способность, выражающуюся, в частности, в увеличении глубины адсорбционной очистки жидких углеводородов [4,5]. Для решения задачи интенсификации адсорбционных процессов с помощью электрических разрядов необходимо изучение механизмов изменений в адсорбентах, подвергшихся влиянию разряда.

Одним из механизмов, обуславливающих повышение адсорбционной способности пористых адсорбентов под влиянием электрического разряда, является образование заряженного состояния на их поверхности и в объеме.

Для выявления заряженного состояния в материале адсорбента и для измерения плотности заряда был использован метод термостимулированной релаксации (ТСР), широко применяющийся, при изучении релаксации электрического заряда в полимерных пленках и других диэлектрических материалах [6]. Метод ТСР состоит в том, что исследуемый образец заряжают в электрическом поле (с помощью поляризации, коронного разряда, электронной бомбардировки и т.д.), а затем разряжают путем закорачивания на токорегистрирующий прибор, одновременно нагревая с постоянной скоростью. По полученной кривой тока разряда в функции времени или температуры судят о состоянии материала образца.

В качестве адсорбента использовался природный однофазный цеолит марки $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, добываемый в месторождениях республики. В отличие от многофазных адсорбентов, у которых процессы адсорбции протекают по каждой фазе неодинаково, что затрудняет их анализ, однофазные адсорбенты позволяют получить информацию об адсорбционных механизмах, характеризующих конкретно исследуемый вид адсорбента.

Перед использованием однофазный цеолит измельчается в порошок, высушивается и используется в виде таблеток, цилиндра или же сферы. Для получения гранул в виде таблеток и цилиндров в качестве связующего в увлажненный цеолитовый порошок добавляют глину, главным образом аморфный каолин. В некоторых случаях связующими служат и металлические порошки. Под воздействием высоких температур и давлений порошок природного однофазного цеолита может прессоваться в таблетки, которые после прокатки обладают достаточно высокой механической прочностью и активностью.

Перед использованием однофазный цеолит предварительно подвергался термообработке при температуре 250°C (с одновременным вакуумированием в течение 5 часов) и обработке электрическим разрядом барьерного типа. Затем на поверхности таблетки цеолита с двух противоположных сторон методом вакуумного термического напыления наносились алюминиевые электроды диаметром 4-7 мм и толщиной (6-7) мкм. Образец устанавливался в специальном нагревательном устройстве между пружинящими токосъемными элементами из нержавеющей стали.

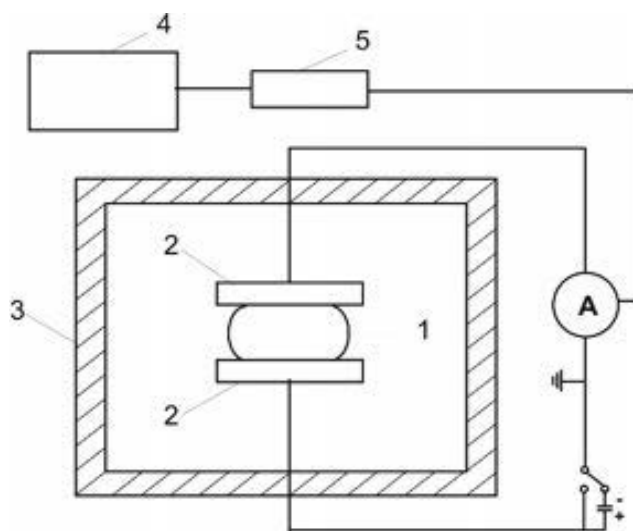


Рис.1 Установка для электризации образца

1- образец, 2 – электроды, 3 – термостат, 4 – регулятор температуры,
5 – двухкоординатный самописец.

Эксперимент методом ТСР осуществлялся путем нагрева образца от комнатной температуры до 600°C с постоянной скоростью $2^{\circ}/\text{мин}$ с одновременной записью кривой тока релаксации в функции температуры (и времени) на двухкоординатном самописце с усилителем. Линейность нагрева обеспечивалась специальным электронным устройством. На рис. 1 представлена установка для электризации образцов. Перед началом каждого эксперимента образец закорачивался на 5-10 сек, после чего включалась измерительная установка и снималась кривая тока ТСР.

На рис. 2 представлена типичная кривая тока ТСР в функции времени для образцов однофазного природного цеолита, обработанных барьерным разрядом на переменном напряжении.

Наличие четырех пиков на кривой тока ТСР свидетельствует о высокотемпературных (300°C , 320°C , 370°C , 510°C) релаксациях электрического заряда в образце. Площадь, заключенная под кривой тока ТСР в функции времени, соответствует суммарному заряду, релаксируемому в образце. Соответствующие указанным пикам значения электрического заряда, накопленного в образце, отмечены на рис.2.

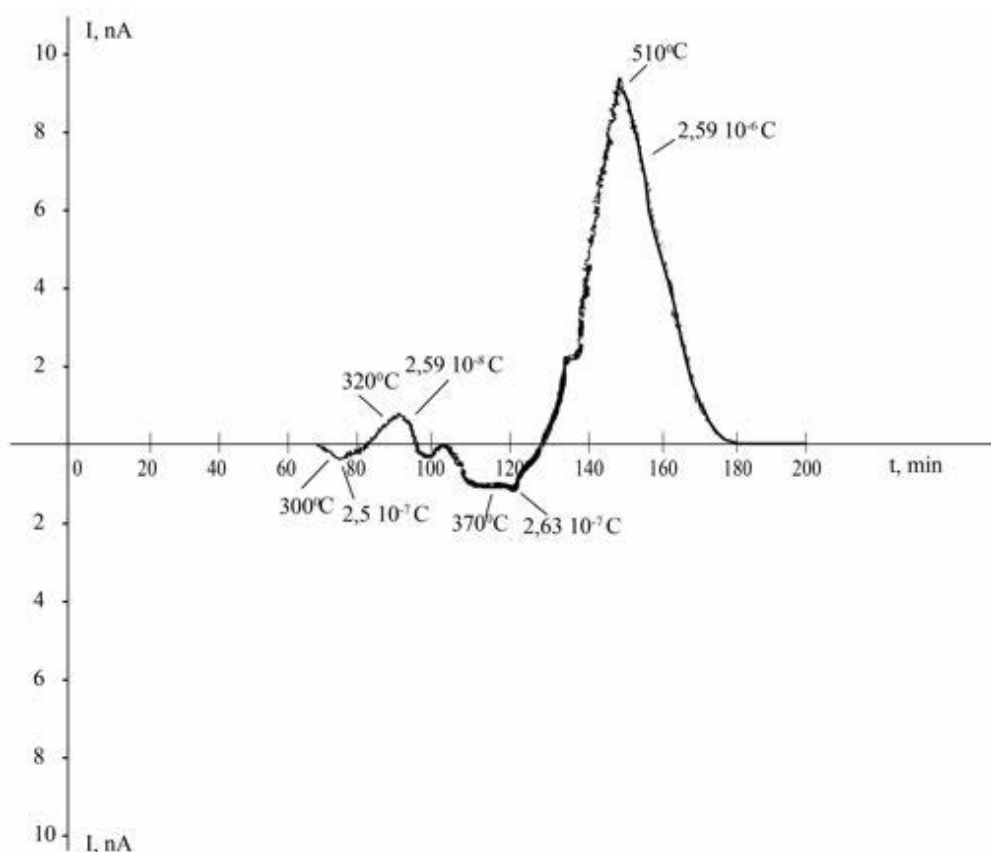


Рис.2

Кривая тока термостимулированной релаксации цеолита в функции времени

Таким образом, в результате проведенных исследований методом термостимулированной релаксации показано, что воздействие электрического разряда на природный однофазный цеолит приводит к образованию в материале заряженного состояния.

Электроразрядная обработка расширяет область применения однофазного природного цеолита в различных технологических процессах.

1. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Применение природных сорбентов для очистки нефтепродуктов и воды. Адсорбенты, их получение, свойства и применение. Под ред. М.М. Дубинина, 1976, 848 с.
2. Гасанов М.А. Третичная очистка сточных вод при воздействии электрическим разрядом // Проблемы энергетики, Баку, Элм, 2004. № 3. с. 58-61
3. А.М. Гашимов, В.А. Алиев, К.Б. Гурбанов, М.А. Гасанов. Электроразрядная обработка цеолитов для очистки сточных вод // Физика и химия обработка материалов 2005, № 2, с.86-87
4. Джуварлы Ч.М., Бунят-заде А.А., Курбанов К.Б., Мехтизаде Р.Н., Гасанов М.А. Влияние электрических полей на эффективность адсорбционной очистки углеводородных жидкостей от примесей// Электронная обработка материалов, Кишинев, 1990, № 5, с. 38-40
5. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений. Вода: химия и экология, 2008, №1, с.19-25
6. Электреты / Под редакцией М.Сеслера, М., Мир, 1983, 466с.

ELEKTRİK QAZBOŞALMALARININ TƏSİRİƏRİNƏ MƏRUZ QALAN BİRFƏZƏLİ SEOLİTLƏRDƏ ELEKTRİK YÜKLÜ VƏZİYYƏTLƏRİN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİ

HƏŞİMOV A.M., HƏSƏNOV M.A., ZƏKİYEVA İ.H.

Birfazlı məsaməli seolitlərdə elektrik yüklü vəziyyətlərin əmələ gəlməsi tədqiq edilmişdir. Termorelaksasiya üsulu vasitəsilə seolitlərin səthində və həcmində elektrik yüklərinin toplanması müəyyən edilmişdir.

CHARGED STATE FORMATION IN THE SINGLE-PHASE ZEOLITES UNDER EFFECT OF ELECTRIC DISCHARGES

HASHIMOV A.M., HASANOV M.A., ZAKIYEVA I.G.

The processes electrization of solid phase porous zeolites were studied. Charging of the zeolite was carried out by means of a barrier electric discharge. By the thermally stimulated relaxation (TSR) method it was revealed that these materials have centres of surface and space charge accumulation.

COXDƏRƏLİ VƏ AŞQARLI YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ DAXİLİ VƏ XARİCİ DAYANIQSIZLIQ HALINDA ŞÜALANMA

HƏSƏNOV E.R., QASIMOVA R.K., AĞAMALIYEV Ə.Q.

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutu, AMEA Fizika İnstitutu

Dayanıqsız halında aşqarlı və coxdərəli yarımkeçiricilərin şüalanma tezlikləri tapılıb. İsbat olunmuşdur ki, $\mu H \gg c$ güclü maqnit sahəsində şüalanma artan xarakterlidir. Yarımkeçiricinin impedansının hesablanması ilə şüalanma başlanan kritik elektrik sahəsinin qiyməti təyin olunmuşdur.

Əgər elektrik yükləri mühitdə bircins paylanıbsa, mühit yüklərin paylanmasına nəzərən tarazlıq halındadır. İxtiyari xarici təsir yüklərin paylanmasını poza bilər və sistem tarazlıq halından qeyri tarazlıq halına keçər. Sistem qeyri tarazlıq halında olanda elektrik yüklərinə görə paylanma bərabər (bircinsli) olur. Termodinamik tarazlığa yaxın hallarda, makroskopik sistemin halı koordinata nəzərən bircinsli olur. Mühit tarazlıqdan güclü aralana bilər. Belə hal xarici elektrik, yaxud elektrik və maqnit sahələrinin təsiri ilə ola bilər. Tarazlıqdan uzaqlaşdıqca elektrik sahəsinin (həm də maqnit sahəsinin) mühit daxilində paylanması qeyri-bircins hala keçir, yəni daxilə elektrik sahə intensivliyinin az olan hissələri və ona nəzərən çox olan sahələri yaranır. Bu sahələri elektrik domenləri (elektrik və maqnit domenləri) adlandırırlar [1]. Domenlər statik (hərəkət etməyən) yaxud dinamik (hərəkət edən) ola bilər. Domenləri olan mühitlərdə cərəyan şiddətinin elektrik sahəsindən (elektrik və maqnit sahələrindən) asılılığı qeyri-xətti olur. Belə xarakteristikali mühitlərdə elektromaqnit rəqslərin əmələ gəlməsi və güclənməsi mümkün olur və mühit qeyri-tarazlıq halında olur. Müxtəlif bərk cisimlərdə yaranan qeyri-tarazlıq halı mühitin fiziki xassələrini kəskin dəyişdirir. Domen qeyri-tarazlıq halı, mühitdə olan yükdaşıyıcıların enerji spektrinin qiymətindən, yükdaşıyıcıların aşqar atomlar tərəfindən tutulmasından (rekombinasiya), aşqar atomlar tərəfindən buraxılmasından (generasiya), kəskin asılı olur. Aydınır ki, qeyri-tarazlıq halının alınmasında xarici elektrik sahəsinin (xarici elektrik və maqnit sahəsinin) qiyməti vacib amildir. Xarici elektrik və maqnit sahələrində yerləşən mühitlərdə yaranan qeyri-tarazlıq halları metal, yarımkeçirici və dielektriklərdə müxtəlif mexanizm vasitəsi ilə olur. Əgər mühitdə hərəkət edən yükdaşıyıcının elektrik sahəsi olanda sürəti $U_d = \mu E_0 (U_d - dreyf \text{ sürəti}, \mu - \text{yürüklük}, E_0 - \text{elektrik sahəsinin intensivliyinin qiyməti})$, mühitdəki səs dalğalarının sürətindən S böyük olarsa, ($U_d \geq S$) onda elektrik sahəsi güclü adlanır.

Bir qayda olaraq isbat olunmuşdur ki, hərəkət edən domenlər yarananda elektrik dövrəsində rəqs yaranır. Belə rəqslər nümunənin bir tərəfində domenlə yaranmasını, o biri tərəfində itməsi deməkdir. Əgər domenlərin yaranma və yox olma zamanları, domenlərin nümunəni keçmə zamanından kiçikdirsə, cərəyanın periodu domenlərin mühiti keçmə zamanı ilə ölçülür və $T = L/U_d$ (L – nümunənin uzunluğudur).

Cərəyan rəqslərinin müşahidə olunması, mühit daxilində yaranan domenlərin hərəkəti, mühit daxilində yaranan domenlərin hərəkətdə olmasını göstərir. Domenlərin hərəkətləri nümunənin növündən, dövrəyə qoşulma qaydasından (yəni sərhəd şərtlərindən) kəskin asılıdır. Nümunənin dövrəyə bağlanması omik yaxud qeyri-omik, yəni injeksiya xarakterli olmasından asılı olaraq yaranan cərəyan rəqslərinin tezliyi müxtəlif olur. Əgər spontan yaranan rəqslər nümunənin daxilində yayılırsa ancaq xarici dövrədə cərəyan rəqs etmirsə (yəni cərəyan sabitdirsə) belə dayanıqsızlıq daxili dayanıqsızlıq adlanır [3]. Nümunə daxilində yaranan rəqslər cərəyan rəqslərinin olmasına səbəb olarsa, belə dayanıqsızlıq xarici

dayanıqsızlıq adlanır. Daxili və xarici dayanıqsızlıq, aşqarlı yarımkəçiricilərdə ilk dəfə olaraq [3-5] işlərində nəzəri olaraq öyrənilmişdir.

DAXİLİ DAYANIQSIZLIQ

Elektron keçiricikli mühitdə cərəyan şiddəti, xarici elektrik sahəsi olduqda aşağıdakı kimidir.

$$\vec{j} = \sigma(E_0, H_0) \vec{E} - \sigma_1(E_0, H_0) [\vec{E} \vec{h}] + \sigma_2(E_0, H_0) \vec{h} [\vec{E} \vec{h}] + D \vec{\nabla} p - D_1(E_0, H_0) [\vec{\nabla} p \vec{h}] + D_2(E_0, H_0) \vec{h} (\vec{\nabla} p \vec{h}) \quad (1)$$

Bu tənlikdə E_0 – xarici sabit elektrik sahəsi, H_0 – xarici sabit maqnit sahəsi, $\sigma(E_0) = en_0\mu_0(E_0, H_0)$ omik keçiricilik, $\sigma_1(E_0, H_0) = en_0\mu_1(E_0, H_0)$ – Holl keçiriciliyi, $\sigma_2(E_0, H_0) = en_0\mu_2(E_0, H_0)$ – fokuslayıcı keçiricilik, $D = \frac{T_{ef}}{\varepsilon} \mu(E_0, H_0)$ omik diffuziya əmsalı, $D_1(E_0, H_0) = \frac{T_{ef}}{\varepsilon} \mu_1(E_0, H_0)$ – Holl diffuziya əmsalı, $D_2 = \frac{T_{ef}}{\varepsilon} \mu_2(E_0, H_0)$ – fokuslayıcı diffuziya əmsalı, T_{ef} – güclü elektrik sahəsində elektron temperaturu, $\rho_0 = en_0$, n_0 – elektronların tarazlıq halındakı konsentrasiyasıdır, $\vec{l}$ – maqnit sahəsi istiqamətində vahid vektordur. Daxili dayanıqsızlıq halında rəqslərin tezlikləri

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \vec{j} = 0 \quad (2)$$

$$\text{div} \vec{E} = \frac{4\pi\rho}{\varepsilon} \quad \frac{\partial H}{\partial t} = -c \cdot \text{rot} \vec{E}$$

tənliklərin həllindən tapılır

$$\frac{4\pi\sigma_0}{\varepsilon} \left[1 - \frac{2E_0^2}{\mu_0} \left| \frac{d\mu}{d(E_0^2)} \right| \right] > Dk^2 \quad (3)$$

(3) şərti ödənəndə $\omega_0 = \mu_0 k E_0$ tezlikli dalğa dayanıqsız olur. Yəni $\omega = \mu_0 k E_0 + i\gamma = \omega_0 + i\gamma$ ifadəsini $(E', n') \sim e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$ yerinə yazsaq $(E', n') \sim e^{\gamma t}$ şəklində amplitudu $e^{\gamma t}$ kimi artan harmonik rəqs alınır. $\frac{2E_0^2}{\mu_0} \frac{2\mu}{d(E_0^2)}$ – ifadəsinin mənfi olması,

elektronların xarici elektrik sahəsindən aldığı $eE_0 l$, l – elektronun sərbəst yolunun orta uzunluğu hesabına yürüklüyün azalması deməkdir. Böyük enerjiyə malik elektronlar zəif, kiçik enerjiyə malik elektronlar güclü keçiricilik yaradırlar.

Belə enerji səviyyələri elektronları, yaxud dəşikləri, tuta və buraxa bilər. Müxtəlif xarici təsir olduqda belə aşqar mərkəzlər müxtəlif cür fəal olurlar. Məsələn [3] təcrübəsində Ge elementində bir qat mənfi, iki qat mənfi qızıl atomları daha fəal olmuşdur. Xarici elektrik sahəsindən elektronlar və dəşiklər $eE_0 l$ (e – elementar müsbət yük, l – sərbəst yolun orta uzunluğudur) qədər enerji alır. Bu enerjinin hesabına elektronlar bir qat mənfi mərkəz ətrafında olan Kulon cəpərini keçə bilər və onun tərəfindən tutula bilər (yəni rekombinasiya oluna bilər). Bundan başqa temperatur hesabına aşqar mərkəzlərdən keçirici zonaya elektronlar keçə bilər. Beləliklə tutulma və buraxılma hadisələri keçirici zonada elektronların sayını dəyişdirir. Dəşiklərin sayı isə aşqar mərkəzlər valent zolaqdan elektronlar tutanda artır, valent zonasında dəşiklər aşqar atomlardan elektronları tutanda azalır. Elektron və dəşiklərin tutulma və buraxılma prosesləri kristalda yükdaşıyıcıların sayını dəyişdirir. Dəşiklərin

ətrafında müsbət Kulon cəpəri olduğundan, xarici elektrik sahəsi artdıqca [2] dəşiklərin tutulma əmsalı azalır, elektronların mənfi mərkəzlərdən tutulma əmsalı isə artır.

Tezliyin böyük qiymətlərində, dəyişmə cərəyanı nəzərə alınmalıdır: onda tam cərəyan aşağıdakı kimidir

$$\vec{j} = \frac{\varepsilon}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \sigma(\vec{E}, \vec{H})\vec{E} - \sigma_1(\vec{E}, \vec{H})[\vec{E}\vec{h}] + \sigma_2(\vec{E}, \vec{H})[\vec{E}\vec{h}]\vec{h} + D\nabla\rho - D_1[\vec{\nabla}\rho\vec{h}] + D_2\vec{h}[\vec{\nabla}\rho\vec{h}] \quad (4)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \text{div} j, \quad \text{div} \vec{E} = \frac{4\pi\rho'}{\varepsilon}, \quad \vec{H}' = 0$$

Yuxarıdakı tənliklərin həllindən

$$\omega_1 = \frac{4\pi\alpha}{\varepsilon^2} \left(k_y U_0 + i \frac{\beta}{\alpha} \right), \quad \omega_2 = i \frac{2\pi\alpha}{\varepsilon^2} \beta k_y U_0$$

tezlikləri alınır $(E', n') \sim e^{i(kx - \omega t)}$ ifadəsindən görünür ki, ω_2 – tezliyi ilə yaranan dalğalar aperiodikdir, artandır, yəni $(E', n') \sim e^{\frac{2\pi}{\varepsilon^2} \beta k_y U_0 t}$ kimidir. ω_1 – tezliyi ilə yaranan dalğa

$$(E', n') \sim e^{-\frac{4\pi\alpha}{\varepsilon^2} k_y U_0 t} \cdot e^{\frac{4\pi}{\varepsilon^2} \beta t U_y U_0} = A_0 e^{\frac{4\pi}{\varepsilon^2} \beta t k_y U_0} \cdot \cos\left(\frac{4\pi\alpha}{\varepsilon^2} k_y U_0 t + \theta\right)$$

kimi harmonik rəqsdir və rəqsin amplitudu $A = A_0 e^{\frac{4\pi}{\varepsilon^2} \beta t k_y U_0}$ kimi artandır, yəni sistem qeyri-tarazlıq halındadır. Belə halda sistem

$$\omega_0 = \frac{4\pi}{\varepsilon^2} \alpha k_y U_0 \quad (5)$$

tezliklə şüalanır və enerji mənbəyinə çevrilir.

XARİCİ DAYANIQSIZLIQ. İMPEDANS DAYANIQSIZLIĞI

Xarici dövredə cərəyan rəqslərini tədqiq etmək üçün mühitin impedansını hesablamaq lazımdır. Nümunəyə kiçik dəyişən gərginlik verilsə

$$\delta V(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta V(\omega) e^{-i\omega t} d\omega, \quad (6)$$

olar. Onda sistemdə J' qədər cərəyan dəyişə bilər yəni

$$Z(\omega) \delta J(\delta\omega) = \delta v\omega$$

olur ki, burada $Z(\omega)$ – ω tezliyinə uyğun impedansdır. İmpedansın hesablamasında aşağıdakı üç məsələ maraq kəsb edir.

- 1) İmpedansın həqiqi hissəsinin $\text{Im}(\omega) = 0$ olanda işarəsi, $\text{Re}z(\omega) < 0$ olduqda nümunə gücləndirici kimi işləyir;
- 2) İmpedansın sıfırlarını;
- 3) İmpedansın qutblərini tapmaq.

Biz burada impedansın həqiqi hissəsinin işarəsini tədqiq edəcəyik. ΔV gərginliyinin dəyişməsi

$$\delta V(t) = \int_0^L \delta E(x, t) dx$$

kimidir.

L- nümunənin ölçüsüdür. $E'(0, t) = E'(x, t)$ kəmiyyəti sərhəd şərtləri vasitəsi ilə hesablanmalıdır. Xarici dayanıqsızlıq olduqda rəqsin tezliyi həqiqi kəmiyyətdir. Dalğa vektoru isə kompleks kəmiyyətdir.

Sərhədlərdə elektrik sahəsinin paylanması bircinsli ola bilər, yəni

$$E'(0,t) = E'(L,t) = 0 \quad (7)$$

Sərhədlərdə fluktuasiya zamanı periodiklik olarsa

$$E'(0,t) = E'(L,t) = 0, \quad \rho'(0,t) = \rho'(L,t) = 0 \quad (8)$$

olar.

Sərhədlərdə yükdayıcıların konsentrasiyası verilibsə Puasson tənliyinə əsasən

$$\left. \frac{\partial E'}{\partial x} \right|_{x=0, x=L} = 0 \quad (9)$$

yazmaq olar. (7-8-9) ifadələri

$$\left(\alpha_1 E' + \beta_1 \frac{\partial E'}{\partial x} \right)_{x=0} = 0,$$

$$\left(\alpha_2 E' + \beta_2 \frac{\partial E'}{\partial x} \right)_{x=L} = 0 \quad (10)$$

(10) şərtinin xüsusi hallarıdır (7-8-9) və (10) şərtləri ayrılığında nəzəri tədqiq olunmalıdır. Biz burada impedansı periodiklik şərti ödəndikdə hesablayacağıq, yəni [2]

$$E'(x, \omega) = A_0 J' + \sum_q A_q e^{ik_q x} \quad (11)$$

Nümunənin impedansını hesablayaq

$$\left[\frac{d^2}{dx^2} + \alpha_1 \frac{d}{dx} + \alpha_2 \right] E'_x = \beta J'_x \quad (12)$$

olur. (12) tənliyinin həllindən kompleks dalğa vektorunu tapmaq lazımdır. (12) tənliyi k – ya görə kvadrat olduğundan (12) tənliyinin tam həlli aşağıdakı kimidir:

$$\left. \begin{aligned} Re \frac{Z(\omega)}{Z_0} &= \frac{\gamma_0 \theta_1 - \varepsilon U_{10} k_y \theta_2}{\theta_1^2 + \theta_2^2} \\ Im \frac{Z(\omega)}{Z_0} &= \mp \frac{\gamma_0 \theta_2 - \varepsilon U_{10} k_y \theta_1}{\theta_1^2 + \theta_2^2} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Burada

$$\left. \begin{aligned} Re \frac{Z(\omega)}{Z_0} &= \frac{\varphi - \varphi_1}{\left(\frac{\varepsilon \omega}{4\pi \sigma_0} \right)^2 + (\varphi_1 - \varphi)^2} \\ Im \frac{Z(\omega)}{Z_0} &= \frac{\left(\frac{\omega}{4\pi \sigma_0} \right) \varepsilon}{\left(\frac{\varepsilon \omega}{4\pi \sigma_0} \right)^2 + (\varphi_1 - \varphi)^2} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

alınır. (14) ifadəsindən alınır ki, $Im \frac{Z(\omega)}{Z_0} < 0$. Deməli nümunədə tutum xarakterli

$R_{tutum} = -\frac{1}{\omega C}$ (C – elektrik tutumudur) müqaviməti yaranır. $Re \frac{Z(\omega)}{Z_0}$ - işarəsinin mənfi olması (yəni kristalın enerji şüalandırması) φ və φ_1 ifadələrinin işarələrindən asılıdır. Əgər μ və μ_1 yürüklükləri elektrik sahəsi artdıqca azalırlarsa, onda $|\varphi| > |\varphi_1|$ olmalıdır. $\varphi > 0$, $\varphi_1 > 0$ olanda $\varphi_1 > \varphi$, $\varphi < 0$, $\varphi_1 > 0$ olanda $\varphi > \varphi_1$, $\varphi = \varphi_1$ olanda isə impedans sıfırdan keçir.

Beləliklə, $Re \frac{Z(\omega)}{Z_0}$ ifadəsinin mənfi qiymətində $-Re Z(\omega) + \frac{R}{Z_0} = 0$ tənliyindən şüalanın tezliyini hesablayaq.

$$\omega^2 = \left(\frac{4\pi\sigma_0}{\varepsilon} \right)^2 (\varphi - \varphi_1) \left(\frac{Z_0}{R} - \varphi + \varphi_1 \right). \quad (15)$$

Xarici elektrik sahəsindən alınan enerji artdıqca elektronlar keçiricilikdə az istirak edirlər. Bu mexanizm impedans dayanıqsızlığında tezliyin (15) ifadəsi ilə təyin olunan qiyməti başlanır.

Aşqarları olan yarımkəcicilərdə elektronların konsentrasiyası n_+ olan yarımkəcirici mühitdə konsentrasiyası birqat mənfi yüklü aşqarların sayı N_+ olan, konsentrasiyası ikiqat mənfi yüklü aşqarların sayı N_- olar. Onların tam sayı sabitdir və $N_0 = N + N_- = const$ kimidir. Beləliklə kəsilməzlik tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$\frac{\partial n_-}{\partial t} + div j_- = \left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_{rek} \quad (16)$$

Burada $j_- = -n_- \mu_-(E) - D_- \nabla n_-$ elektronların yaratdığı cərəyan sıxlığı, μ_- - elektronların yürüklülüüyü, D_- diffuziya əmsalındır. (12) -tənliyin sağ tərəfindəki $\left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_{rek}$ həddi elektronların tutulması və buraxılması zamanı sayının zamana görə dəyişməsinə xarakterizə edir. Elektronların buraxılması sərbəst elektronların sayını nümunə daxilində artırır, elektronların tutulması onların sayını azaldır. Onda

$$\left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_{rek} = \varphi_-(0) n_{1-} N_- - \varphi_-(E) n_- N \quad (17)$$

Elektrik sahəsi olmadıqda stasionar və tarazlıq halında

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_{rek} &= 0 \\ \varphi_-(E) &= \varphi_-(0) \end{aligned}$$

olmalıdır.

Beləliklə tənliklər sistemi

$$\begin{cases} A_+ \Delta n_+ + A_- \Delta n_- = 0 \\ B_+ \Delta n_+ + B_- \Delta n_- = 0 \end{cases}$$

$A_+ B_- - A_- B_+ = 0$ – dispersiya tənliyinə gətirilir.

Dispersiya tənliyini $\omega = \omega_0 + i\gamma$; $\gamma \ll \omega_0$ şərtində həqiqi və xəyali hissələrə ayıraraq hər birini sıfıra bərabər etsək

$$\omega_0 = \frac{\omega_1 \mu_+}{\mu_-}, \quad \gamma = \left(\frac{\mu_-}{\mu_+} \right)^2 \cdot \frac{1}{\tau_+} \cdot \frac{\tau_- \omega_{sp}}{\tau_p} \cdot \frac{1}{2(\tau_+ \omega_{sp})^2}$$

ifadələrini alırıq.

NƏTİCƏLƏR

n - tip keçiricikli keçirici mühitlərdə, xarici elektrik və maqnit sahələrinin perpendikulyar yönəlməsi ilə dayanıqsız elektromaqnit dalğaları yaranır. Maqnit sahəsinin $\mu H > c$ qiymətində bu dalğaların tezlikləri hesablanmışdır. Nümunə daxilində yayılan dalğaların istiqamətindən asılı olaraq şüalanma tezlikləri dəyişir. Belə halda olan nümunələrdən istənilən tezliyi əldə etmək mümkündür. Burada əsas tədqiq olunan nümunə

ölçüləri kiçik olmalıdır. Daxildə yaranan dalğalar eninə olarsa, yəni $[\vec{k} \perp \vec{H}']$ hasilı sıfırdan fərqli halı üçün nəzəri tədqiqat mürəkkəbdir, ancaq vacibdir.

-
- [1]. *E.R.Hasanov, R.K.Gasimova, A.Z.Panahov and A.I.Demirel*. Adv. Studies Theor. Phys., vol.3, 2009, N8, 293-298
- [2]. *E.R.Hasanov, Rasoul Nezhad Hosseyn, A.Z.Panahov*. Adv. Studies Theor. Phys., vol.5, 2011, N1, 25-30
- [3]. Э.Конуэлл. Кинетические свойства полупроводников в сильных электрических полях. Издательство «Мир» Москва-1970, стр. 14-17
- [4]. В.Л.Бонч-Бруевич, И.П.Звягин, А.Г.Миронов. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. Издательство «Наука» Москва – 1972, стр. 16-20
- [5]. Л.Э.Гуревич и Э.Р.Гасанов, ФТТ, 11, 1433, 1969
- [6]. Б.И.Давыдов ЖЭТФ, 7, 1069, 1937
- [7]. *Eldar Rasuloglu Hasanov, Rugiye Keremkizi Gasimova, Akber Zeynalabdinoglu Panahov and Alihsan Demirel*. The Nonlinear Theory of Ganns Effect progress of Theoretical Physics, volume 121, Number 3, pp. 593-601, March 2009

ИЗЛУЧЕНИЕ МНОГОДОЛИННЫХ И ПРИМЕСНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ВНУТРЕННЕЙ И ВНЕШНЕЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ

ГАСАНОВ Э.Р., ГАСЫМОВА Р.К., АГАМАЛИЕВ А.Г.

Найдены частоты излучения в многодолинных и примесных полупроводниках в условиях неустойчивости. Показано, что при наличии сильного $(\mu H \gg c)$ магнитного поля частота излучения является нарастающей. Путем вычисления импеданса полупроводника определено критическое электрическое поле, при котором начинаются излучения.

RADIATION OF MULTIVALLEY AND ADMIXTURE SEMICONDUCTORS IN THE CONDITIONS OF INTERNAL AND EXTERNAL INSTABILITY

HASANOV E.R., GASIMOVA R.K., AGAMALOV A.G.

The frequency of radiation in many-valley and extrinsic semiconductors amid volatility are founded. It is shown that when there is a strong $(\mu H \gg c)$ magnetic field frequency radiation is cumulative. By calculating the impedance semiconductor critical electric field which radiation is began is defined.

УДК 533.95

ИМПЕДАНС СПЕКТРОСКОПИЯ СЛАБОТОЧНОГО РАЗРЯДА В НЕОНЕ В ТРУБКАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА**МУРАДОВ А.Х.¹, ГУСЕЙНОВ Т.Х.¹, ИСМАИЛОВ И.Г.²**¹*Бакинский Государственный Университет*²*Высшая Военная Академия им. Алиева Г. А.*

Изучено динамическое сопротивление (импеданс) положительного столба слабоочного капиллярного разряда в неоне. Измерены статическая и динамическая вольтамперные характеристики разряда. Получена расчетная динамическая характеристика для соответствующих условий с учетом инерционности процесса ионизации. Импеданс положительного столба носит индуктивный характер. В соответствии с режимом прямой ионизации и плоским характером статической ВАХ диаграмма импеданса начинается с начала координат, имеет простую структуру. Сопоставление расчетных и экспериментальных кривых свидетельствует о применимости предложенной модели для расчета импеданса слабоочных капиллярных разрядов.

Ключевые слова: импеданс спектроскопия, капиллярный разряд в неоне, слабоочный разряд, динамическая характеристика разряда.

§1. Введение

Динамические свойства газоразрядной плазмы можно характеризовать импедансом (комплексное динамическое сопротивление), знание которого позволяет прогнозировать неустойчивости в разряде и методы их устранения, создавать системы стабилизации различных плазменных параметров [1-3]. Внешний вид кривых импеданса позволяет определить характер ионизации, гибели и времен жизни частиц, скоростей различных реакций [4,5], а также определить характерные размеры в системе [6,7]. На основе анализа кривых импеданса (диаграмм годографов) можно составить эквивалентную схему разряда, определить собственные реактивности и оценить устойчивость разряда, учитывая реактивности внешней цепи и самой плазмы.

Использование капиллярных разрядных трубок в газовых лазерах связано с тем, что в этих трубках, в отличие от традиционных разрядных трубок, имеющих диаметр порядка одного или нескольких см, при обычных давлениях газа ($10^{-2} \div 1 \text{ Торр}$) уход заряженных частиц на стенки осуществляется в режиме свободного падения [2, 4]. Из-за малого поперечного размера трубки режим амбиполярной диффузии заменяется более быстрым режимом ухода. В результате этого концентрация заряженных частиц устанавливается на более низком уровне, что в свою очередь приводит к росту напряженности продольного электрического поля и электронной температуры. Поэтому капиллярные трубки характеризуется более высокой электронной температурой и низкой концентрацией заряженных частиц. Высокая электронная температура приводит к режиму более интенсивного возбуждения атомных уровней. В результате этого капиллярные разрядные трубки отличаются от традиционных трубок более высокой яркостью спектральных линий и являются наиболее оптимальной активной средой с точки зрения генерации [6].

В отличие от традиционных широких разрядных трубок, в которых, уже начиная от давления в несколько десятых Торр, возбуждение и ионизация осуществляется

ступенчато, а гибель заряженных частиц определяется амбиполярной диффузией, в капиллярных трубках из-за высокой электронной температуры в образовании заряженных частиц преобладают прямые процессы, а уход осуществляется в режиме свободного падения. Это позволяет применить к капиллярному разряду метод динамической характеристики в наиболее простой форме с учетом одного фактора инерционности – процесса ионизации, принимая во внимание свободную диффузию и переход в амбиполярную диффузию, описываемые эффективным коэффициентом диффузии.

Настоящая работа посвящена изучению импеданса положительного столба капиллярного разряда в неоне. Измерены статическая и динамическая вольтамперные характеристики разряда. Вычислен импеданс разряда при малых плотностях разрядного тока, когда заряженные частицы возникают путем прямой ионизации и исчезают в результате свободного падения или амбиполярной диффузии. Получена расчетная динамическая характеристика для соответствующих условий с учетом инерционности процесса ионизации. Импеданс положительного столба носит индуктивный характер. В соответствии с режимом прямой ионизации и плоским характером статической ВАХ диаграмма импеданса начинается с начала координат, имеет простую структуру. Сопоставление расчетных и экспериментальных кривых свидетельствует о применимости предложенной модели для расчета динамического сопротивления слаботочных капиллярных разрядов.

§2. Результаты измерений статической и динамической характеристик

Измерения проводились в стандартной разрядной трубке с внутренним диаметром 2мм и длиной 40см. Катод и анод были изготовлены заводским способом из нержавеющей стали, что позволяло менять полярность разряда. Наполнением служил спектрально чистый неон при давлении 130Па. При этих условиях исследование собственных колебаний разряда показало, что область малых разрядных токов до 10мА свободна от флуктуаций. Увеличение тока свыше 10мА вызывало появление регулярных колебаний в диапазоне 20 – 30кГц, основные свойства которых позволяют отождествлять их с бегущими стратами. Рост тока свыше 20мА приводил к переходу регулярных страт в шумовые при одновременном увеличении глубины модуляции тока и напряжения, которые не превышали 3 – 4%.

Результат измерения статической ВАХ приведен на рис.1. Видно, что в пределах значений разрядного тока от 2 до 20мА падение напряжения на разрядной трубке остается около 800В и практически не меняется.

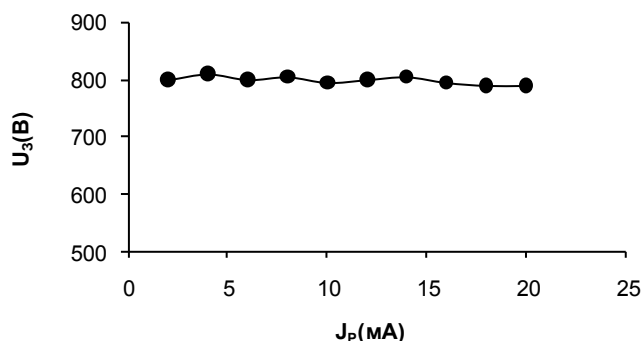


Рис. 1. Измеренная статическая вольтамперная характеристика (Ne, $P = 130$ Па, $d = 2$ мм).

Наличие плоской ВАХ свидетельствует о том, что прямая ионизация является основным механизмом образования заряженных частиц, и что режим свободного падения на стенки сохраняется во всем диапазоне измерений [1, 9].

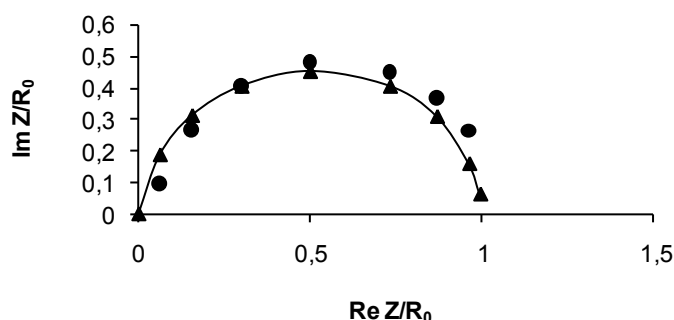


Рис.2. Годограф динамической вольт-амперной характеристики разряда (сплошная кривая с треугольниками – расчет, точки – измеренные значения. (Ne, $P = 130 \text{ Па}$, $v = 2 \text{ мм}$, $J_p = 10 \text{ мА}$, $R_0 = 80 \text{ кОм}$).

На рис. 2 приведен пример измеренной динамической характеристики при силе разрядного тока $J_p = 10 \text{ мА}$. В соответствии с плоским характером статической ВАХ, кривая начинается с начала координат при низких частотах. Импеданс носит индуктивный характер, с ростом частоты реактивная составляющая увеличивается, достигает своего максимального значения при частоте порядка 10^4 Гц , затем спадает. Активная составляющая с ростом частоты монотонно возрастает. Модуль импеданса во всем диапазоне измерений монотонно возрастает и при предельно высоких частотах имеет преимущественно активный характер и стремится к значению, равному удельному сопротивлению столба постоянному току.

В процессе исследования динамического сопротивления наблюдалась синхронизация страт внешним модулирующим сигналом. Зона синхронизации при силе разрядного тока 10 мА составляла $4,2 \text{ кГц}$. При глубине модуляции тока разряда внешним сигналом 5%. Частота стратных колебаний при этом составляла 27 кГц . С увеличением глубины модуляции зона синхронизации расширялась. В зоне синхронизации наблюдались периодические изменения модуля динамического сопротивления и разности фаз переменных составляющих напряжения на трубке и тока с частотой модуляции.

§3. Расчет динамической характеристики и интерпретация полученных результатов

Расчет произведен на основе системы уравнений, характеризующей положительный столб капиллярного разряда. Линеаризация и последующее решение полученной системы относительно комплексного динамического сопротивления единицы длины столба позволяет определить частотные зависимости действительной и мнимой частей сопротивления.

Уравнение баланса электронов можно записать в виде

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D_a \Delta n + zn, \quad (1)$$

где n концентрация электронов, D_a - коэффициент амбиполярной диффузии, z – скорость ионизации. Для максвелловского распределения электронов с достаточной точностью z выражается так:

$$z = Be^{-\frac{eV_i}{kT_e}}, \quad (2)$$

где B - коэффициент, выражающийся через эффективное сечение и, потенциал ионизации V_i , а также и электронную температуру T_e .

Двумя другими уравнениями служат уравнение, определяющее электронную температуру [1]

$$T_e = 0,63 \cdot \frac{\lambda e E}{\frac{m}{M} \cdot P}, \quad (3).$$

и выражение силы тока разряда

$$J = enSbE, \quad (4)$$

где b – подвижность электронов, S – сечение разряда.

Концентрация электронов есть функция координаты и времени: $n = n(\vec{r}, t)$. Предположим, что ее можно представить как произведение двух отдельных функций от этих переменных.

$$n = n_0(t)J_0(\mu_1 r) \quad (5)$$

Уравнение (1) после подстановки в него (5) переходит в

$$\frac{dn_0}{dt} = (r - \mu_1^2 D_a) n_0 \quad (6)$$

Комбинируя уравнениями (3, 4, 6) получаем уравнение

$$\frac{1}{J} \frac{dJ}{dt} - \frac{1}{U} \frac{dU}{dt} = Be^{-\frac{V_i}{eGU}} - DU, \quad (7)$$

где постоянные G и D зависят от давления газа P и межэлектродного расстояния ℓ .

Уравнение (7), связывающее $J, U, \frac{dJ}{dt}, \frac{dU}{dt}$ представляет собой уравнение динамической ВАХ тока в газовом промежутке при заданных условиях. Конкретный вид характеристики зависит от того, как именно меняются U и J с течением времени. Легко анализируются два предельных случая медленных и быстрых изменений. При весьма медленных изменениях тока $\frac{dJ}{dt} \approx 0, \quad \frac{dU}{dt} \approx 0$; тогда из (7) следует

$Be^{-\frac{V_i}{eGU}} - DU = 0$, представляющее собой плоскую статическую ВАХ в виде $U = const$.

При очень быстрых процессах производные $\frac{dJ}{dt}$ и $\frac{dU}{dt}$ велики, в то время как правая сторона (7) от скорости процесса непосредственно не зависит. При достаточно высокой частоте колебаний или крутом фронте напряжения им можно пренебречь. Остающееся в этом случае уравнение

$$\frac{1}{J} \frac{dJ}{dt} - \frac{1}{U} \frac{dU}{dt} = 0 \quad (8)$$

интегрируется и дает линейную зависимость между J и U , соответствующего закону Ома.

Линеаризуя уравнение (7) находим динамическое сопротивление столба в виде

$$Z = R + jX, \quad (9)$$

где действительная часть R и мнимая часть X комплексного сопротивления выражаются через B, D и G . В силу громоздкости явные выражения R и X здесь не приводятся (см., например, [8,9]). Рассчитанные значения импеданса при разных частотах приведены в виде диаграммы на рисунке 2. Как следует из сопоставления

расчетных и экспериментальных зависимостей, качественно ход годографов динамического сопротивления согласуются с общими закономерностями экспериментальных кривых, что свидетельствует в пользу применимости предложенной модели для расчета импеданса слаботоочного разряда в трубках малого диаметра.

-
1. Грановский В. Л. Электрический ток в газе, М.Гостехиздат, 1952, т.1, с.374-382.
 2. Привалов В.Е., Шишов С.И. "Радиотехника и электроника", 1987, т.32, №8, с.1678-1685.
 3. Дейч Г., Голубовский Ю.Б., Радиотехника и электроника, 1978, №6, с.1205-1211.
 4. Привалов В.Е., Шишов С.И., ЖТФ, 1989, т.59, №7, стр.204-208.
 5. Wilke L., Kablan N., Deutsch H. Contribution to Plasma Phys. 1990, 30, №4, p. 481-486.
 6. Привалов В.Е., Смирнов Е.А., "Оптика и Спектроскопия", 1980, том 48, №5, стр. 949-957.
 7. Shao R., Kalinin S., Bonnell D., Appl. Phys. Lett., 2003, 82, №4, p. 1869-1871.
 8. Мурадов А.Х., Гусейнов Т.Х. Журнал Физика, 2007, том 13, №1, стр. 312-314.
 9. Sobhanian S., Khorram S., Muradov A.. European J. of Physics, Appl. Phys.. 2005. v. 30. №3, p. 201-206.
 10. Абдуллаев Р.А., Гусейнов Т.Х. Журнал "Известия вузов Радиоэлектроника" Киев, 2008, т.51, №4,

KIÇIK DIAMETRLI BORULARDA, NEON QAZINDA ZƏIF CƏRƏYANLI ELEKTRİK BOŞALMASININ İMPEDANS SPEKTROSKOPIYASI

MURADOV Ə.X., HÜSEYNOV T.X., ISMAYILOV İ.Q.

Kapilyar boruda neon qazında zəif cərəyanlı elektrik boşalmasının müsbət sütununun dinamik müqaviməti (impedansı) öyrənilmişdir. Boşalmanın statik və dinamik xarakteristikaları ölçülmüşdür. Uyğun şərait üçün ionlaşmanın inersiyası nəzərə alınmaqla dinamik xarakteristika hesablanmışdır. Müsbət sütununun impedansının induktiv xarakter daşdığı müəyyən edilmişdir. Birbaşa ionlaşma rejiminə və doyma xarakterli statik volt – amper xarakteristikasına uyğun olaraq impedans diaqramının koordinat başlanğıcından başlandığı və sadə xarakterli olması alınmışdır. Ölçülmüş və hesablanmış impedans ayrılmasının müqayisəsi göstərir ki, kapilyar borularda elektrik boşalmasının impedansının hesablanması üçün təklif olunan model yararlıdır.

IMPEDANCE SPECTROSCOPY OF THE LOW CURRENT DISCHARGE IN NEON GAS IN CAPILLARY TUBE

MURADOV A.H., HUSEYNOV T.H., ISMAILOV İ.Q.

The dynamical resistance (impedance) of the positive column of low current discharges in capillary tube in neon gas was investigated. The statical and dynamical characteristics of discharge were measured. It was computed the dynamical characteristics for the appropriate conditions taking into account ionization inertia. The impedance of the positive column has an inductive character. According to the direct ionization condition and plane type static characteristics the impedance diagram starts from the origin of coordinates, have a single looped shape. Comparison of measured and computed dynamical characteristics show that the offered model is available for calculation of the impedance of discharges in capillary tubes.

УДК 621.315.61

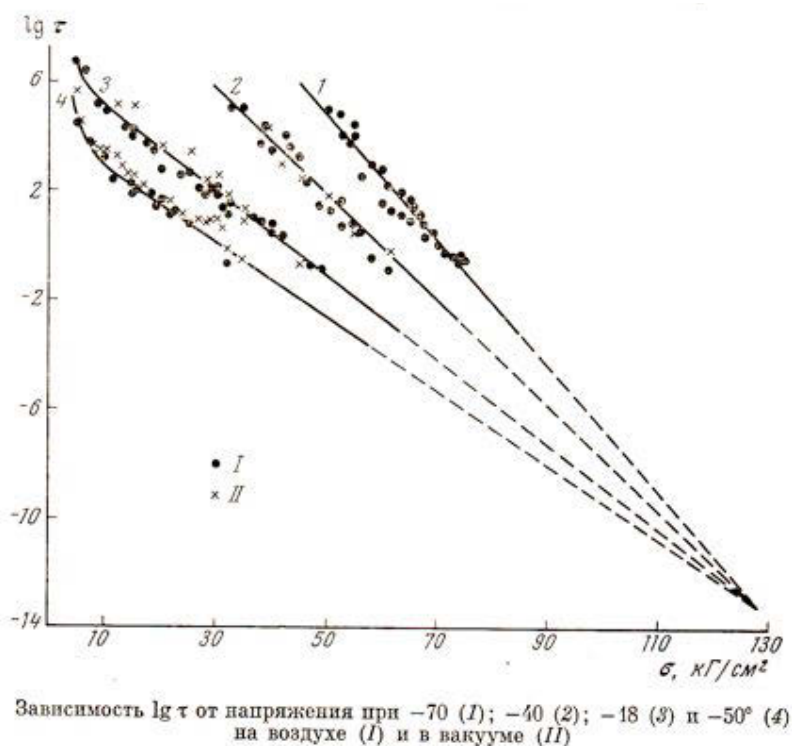
ИЗУЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРОВ В ВАКУУМЕ И НА ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ ИКС

ВЕЛИЕВ С.И.

Гянджинский Государственный Университет

В последнее время большие успехи были достигнуты в изучении атомного механизма разрушения полимеров под грузом. С помощью прямых физических методов было показано, что в нагруженном теле происходит разрыв химических связей в полимерных молекулах и образуются химически активные макрорадикалы [1]. Последние способны вступать в цепные реакции, приводящие к новым химическим соединениям. Например, в работе [2] было обнаружено большое количество таких соединений в полимерах, выдержанных под растягивающими нагрузками. В полиолефинах (полиэтилене (ПЭ) и полипропилене (ПП)) в вакууме образуются группировки типа $R-\dot{C}H_2$ и различные соединения со связями $C=C$. В атмосферных условиях, кроме отмеченных группировок, образуются также различные соединения с кислородом. Было показано, что процесс накопления новых химических группировок лежит в основе механизма разрушения полимеров под грузом и определяет их долговечность. По этой причине следует ожидать, что различный состав химических соединений, образующихся в вакууме и атмосфере, должен привести к различию времен жизни (долговечности) полиолефинов под грузом.

Цель данной работы – определение долговечности полиолефинов (ПЭ и ПП) в вакууме и атмосфере. Одновременно изучали состав и определяли количество продуктов механохимических реакции с помощью ИК-спектроскопии.



Опыты проводили на ориентированных волокнах и пленках ПЭ низкого давления (индекс расплава 1,23 г/10 мин., число групп CH_3 1,03 на 10^3 атомов) и изотактического ПП (индекс расплава 1,6 г/10 мин., степень изотактичности 96%). Для определения долговечности в вакууме ($10^{-6} - 10^{-7}$ тор) и в атмосферных условиях использовали установку, описанную в [3]. ИК-спектры снимали на спектрофотометре УР-10. Концентрацию новых химических группировок определяли по методике, описанной в [4].

На рисунке показана зависимость $1/\tau$ (τ - долговечность образца) от величины нагрузки σ при различных температурах для ПЭ. Видно, что в пределах точности измерений долговечности образцов в вакууме и атмосфере не отличаются. Аналогичный результат был получен для ПП.

Для выяснения природы полученных данных был проведен детальный анализ состава и концентрации продуктов механохимических реакций методом ИК-спектроскопии. Как следует из таблицы, в вакууме и атмосфере образуется приблизительно одинаковое количество новых химических группировок. Кроме того, число группировок с кислородом значительно меньше (приблизительно на порядок), чем других соединений. Эти данные указывают, что механохимические реакции в полимерах идут гораздо интенсивнее «вакуумным» путем, чем с участием кислорода атмосферы. Такие же результаты были получены и для ПП.

Таблица

Химическая группировка	$\text{с} \cdot 10^{18}, \text{см}^{-3}$		Химическая группировка	$\text{с} \cdot 10^{18}, \text{см}^{-3}$	
	в вакууме	на воздухе		в вакууме	на воздухе
$\text{P}_1\text{P}_2\text{C}=\text{CCH}_2$	2,1	2,0	$\text{P}-\text{CCH}_2$	15	12
$\text{PCH}=\text{CCH}_2$	4,4	5,0	$\text{P}-\text{C}=\text{O}$	-	1,7
$\begin{array}{c} \text{P}_1 \quad \text{CH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH} \quad \text{P}_2 \end{array}$	2,5	2,1	$\text{P}-\text{C}=\text{O}-\text{OCH}$	-	2,5
$\text{P}_1\text{CH}=\text{CCH}_2\text{P}_2$			$\text{P}-\text{C}=\text{C}-\text{CH}_3$		
			$\text{P}-\text{C}=\text{OCH}$		

C - концентрация новых химических группировок, образовавшихся в ПЭ под нагрузкой 30 кГ/мм^2 , в условиях высокого вакуума и на воздухе в течение 60 мин.

Становится понятным, почему долговечности полиолефинов в вакууме и в атмосферных условиях не отличаются. Причина лежит в крайне медленной скорости протекания реакций гибели радикалов с участием кислорода по сравнению с другими их путями.

В заключение отметим, что в настоящее время при приготовлении полиолефинов их стараются предохранить от «старения» в присутствии кислорода воздуха, вводя ингибиторы. Весьма часто полимеры находятся еще и под действием механических напряжений. В этих условиях, как следует из полученных данных, полиолефины нужно в первую очередь предохранять от разрушения вследствие цепных реакций, протекающих, «вакуумным» путем.

-
1. С.Н.Журков, Е.Е.Томашевский, Пцйсиъал Басис оф Йиелд анд Фраътуре, Оксфорд, 1966.

2. *С.И.Велиев, В.И.Веттегрень, И.И.Новак*, Механика полимеров, 1970.
3. *А.В.Амелин и др.* ФТТ, 12, 1970.
4. *С.И.Велиев и др.* Механика полимеров, 1971.
5. *С.И.Вялийев*, АМИ, Хябярляр, № 4, 2009

ПОЛИМЕРЛЯРИН УЗУНЮМЦРЛЦЙЦНЦН ВАКУУМДА ВЯ АТМОСФЕРДЯ ИГС ЦСУЛУ ИЛЯ ЮЙРЯНИЛМЯСИ

ВЯЛИЙЕВ С.И.

Бу ишдя полиолефинлярин (полиэтилен вя полипропилен) узунюмцрлцлцйц вакуумда вя атмосфердя тятгиг олунмушдур. Щямчинин инфрагырмызы спектроскопия (ИГ) цсулу иля механохимйяви реаксийа нятитьясиндя йаранан кимйяви групларын тяркиби вя мигдары тййин едилмишдир.

STUDY OF POLYMERS DURABILITY IN VACUUM AND AIR BY THE IR SPECTROSCOPY METHOD

VELIYEV S.I.

In this paper the durability of polyolefins (PE and PP) in vacuum and atmosphere is studied. Simultaneously the composition and the amount of mechanochemical reaction products by IR spectroscopy methods were investigated.

УДК 621.311.22

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕМБРАННЫХ УСТАНОВОК
ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ****АЛИЕВ А.Ф., ДАДАШОВ А.В.***Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт
энергетики*

В статье рассматривается предлагаемый метод обеззараживания воды ультрафиолетовым (УФ) облучением взамен применения хлорирования. Выявлены оптимальные параметры процесса УФ-обеззараживания вод различной степени бактерицидности и минерализации.

Для предотвращения биологического разрушения мембран бактериями в процессах ультрафильтрационного и обратноосмотического обессоливания воды на предприятиях промышленной энергетики применяют, как правило, ее хлорирование. При этом возрастает коррозионная агрессивность воды, что приводит к преждевременному выходу из строя технологического оборудования. Метод хлорирования имеет также существенные экологические недостатки.

С целью повышения эффективности мембранных обессоливающих установок нами впервые предлагается использование в энергетике экологически чистого ультрафиолетового (УФ) метода обеззараживания воды взамен хлорирования [1,2].

Высокие технико-эксплуатационные показатели выпускаемого УФ-оборудования и современный уровень их развития создали условия для широкого применения УФ-технологий в технике мембранной водоподготовки.

Метод основан на способности УФ-излучения определенной длины волны (в интервале от 205 до 315 нм) губительно действовать на ферментные системы бактерий. Применение УФ-облучения воды позволяет существенно увеличить надежность мембранных установок и повысить срок их эксплуатации.

Основным и необходимым условием одновременного применения и УФ – обеззараживания и мембранной водоподготовки является предварительная очистка воды от механических примесей, т.е. ее глубокая очистка. В первом случае прозрачность воды обеспечивает наибольшую эффективность процесса облучения и, следовательно, обеззараживания, во втором – предохраняет мембраны от механических повреждений и засорения твердыми отложениями. В случае же обеззараживания УФ – лампами неочищенных мутных, цветных или железосодержащих вод, коэффициент поглощения УФ – излучения изменяется до такой степени, что метод становится экономически нецелесообразным и ненадежным.

Мембранная водоподготовительная обратноосмотическая установка на ЭС «Шимал» г Баку[1]. включает процессы хлорирования применением гипохлорида натрия NaOCl и дехлорирования воды с использованием тиосульфита натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, очистки ее от механических примесей, подкисления, обработки антинакипином, обессоливания обратным осмосом, декарбонизации, ионного обмена и смолоотделения. Из перечисленных процессов обязательными и желательными в случае замены хлорной обработки на УФ – облучение являются:

— глубокая очистка воды от механических примесей, которая обеспечивается механическим фильтром, ловушкой и патронным фильтром и способствует максимально эффективному УФ облучению;

— подкисление воды серной кислотой - способствует предотвращению соляризации (отложению карбонатных и магниевых солей) на поверхности УФ-лампы;

— обработка антинакипином - также способствует предотвращению соляризации и образованию микрокристаллической и аморфной фаз на поверхности УФ-лампы;

Таким образом, при мембранном обессоливании воды уже применяются основные процедуры, необходимые для оптимально эффективной работы УФ-ламп, и, следовательно, нет необходимости в дополнительных мероприятиях. Поэтому мы рекомендуем УФ - установку ставить на финальной стадии обработки воды после ее предварительной очистки, т. е. непосредственно перед бустерным насосом, обеспечивающим необходимое давление на мембранные фильтры, исключив при этом применение NaOCl и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Проводимые нами многолетние физико-химические и санитарно-бактериологические анализы обессоливаемых вод на электростанциях Баку и Ширвана выявили количественный состав основных загрязнителей (химическое потребление кислорода ХПК, биохимическое потребление кислорода БПК, мутность, нитриты, нитраты и др.) и микрофауны (общее микробное число и число кишечных палочек в единице объема – коли - индекс). Состав и специфика исследованных вод приводятся в наших работах, в частности [1,2].

В настоящее время основной областью применения ультрафиолетового оборудования, при котором вода не меняет своих физических, химических и вкусовых свойств, является коммунальное хозяйство, в котором число УФ-станций ежегодно увеличивается в 1,5-2 раза [3-5] и, по нашему мнению, особенно перспективно ее применение при мембранной водоподготовке в электроэнергетике.

Широкое использование УФ технологий в промышленной водоподготовке сдерживалось относительной дороговизной оборудования. Однако, в последние годы, в связи с развитием и усовершенствованием установок, их стоимость существенно снизилась и появилась реальная экономическая выгода. Серийное производство установок УФ-обеззараживания налажено российскими фирмами АО «Сварог», НПО «ЛИТ» и др.[6-9].

Отличие ультрафиолетовой обработки воды состоит в применении, как коротковолнового, так и вакуумного ультрафиолета, позволяющего провести практически полное обеззараживание и уничтожать бактерии и вирусы в количествах, недоступных для традиционных технологий. Метод не требует сложного оборудования. В качестве источников бактерицидного ультрафиолетового излучения используются ртутные газоразрядные лампы. Время обеззараживающего контакта, как правило, составляет $\sim 0,5 \div 5$ сек.

Из литературы известно, что наибольшим бактерицидным действием обладает электромагнитное излучение длиной волны 240-280 нм. Ультрафиолетовое обеззараживание эффективно в отношении широкого диапазона микроорганизмов, в том числе железобактерий, вызывающих биологическое обрастание трубопроводов. Поэтому в настоящее время ультрафиолетовое излучение рассматривается в качестве альтернативного средства инактивации в воде окислителей.

Из используемых газоразрядных ламп, по данным предприятий – изготовителей, наиболее эффективными считаются ртутные лампы низкого давления. Они отличаются от обычных люминесцентных тем, что их колба выполнена из специального кварцевого стекла с высоким коэффициентом пропускания УФ - излучения. Достоинство этих ламп состоит также в том, что более 60 % излучения приходится на спектральную линию с длиной волны 254 нм, лежащей в области максимального

бактерицидного действия, они имеют длительный срок службы и мгновенную способность к работе после их зажигания.

Эффект обеззараживания воды контролируют, определяя общее число бактерий в единице объема воды и количество индикаторных бактерий группы кишечной палочки после ее обеззараживания. По стандартам стран СНГ, в частности по российскому ГОСТ 2874-82 “Вода питьевая” общее микробное число в 1 мл неразбавленной воды должно быть не более 100, а количество бактерий группы кишечной палочки в 1 литре (коли-индекс) — не более 3. Использование кишечной палочки в качестве индикаторного микроорганизма для оценки эффекта обеззараживания воды, рекомендуемое микробиологическими исследованиями, обусловлено следующими соображениями: присутствие кишечной палочки в воде определять проще, чем другие бактерии; она всегда присутствует в организме человека и теплокровных животных; ее присутствие в воде источника свидетельствует о его загрязнении хозяйственно-бытовыми стоками; окислители, используемые для обеззараживания воды, летально действуют на кишечную палочку труднее, чем на другие микроорганизмы, вызывающие заболевания желудочно-кишечного тракта. Поэтому кишечная палочка является лишь контрольным микроорганизмом, характеризующим бактериальную загрязненность воды.

Существенное снижение эффективности обеззараживания проявляется при возможных негативных явлениях. Это биообрастание – формирование колоний светолубивых микроорганизмов на поверхностях кварцевых трубок, в которых находятся ультрафиолетовые лампы, и упомянутая выше соляризация – образование микрокристаллической и аморфной фаз нерегулярного состава на тех же поверхностях. В связи с этим возникает необходимость периодической очистки поверхностей защитных трубок от экранирующего световой поток слоя. На практике наиболее эффективным способом проявила себя химическая очистка, которая осуществляется путем циркуляции через установку воды с добавлением небольших доз пищевых кислот (часто рекомендуется 10% раствор лимонной кислоты) при помощи промывочного насоса. Для повышения эффективности процесса очистки ламп от отложений нами предлагаются новые способы очистки - добавкой в промывочные растворы ингибиторов коррозии и накипеобразования с поверхностно-активными свойствами.

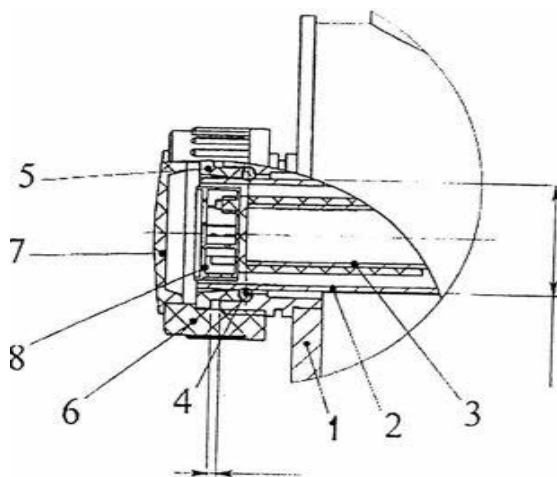


Рис. Конструкция оптического узла (УФ – лампа и защитная кварцевая трубка) установки «Лазур»:

1-корпус; 2-защитная кварцевая трубка; 3-УФ-лампа; 4-кольцо резиновое; 5-кольцо уплотнения (нержавеющая сталь); 6-накидная гайка (полипропиленовая); 7-крышка (полипропиленовая); 8-патрон.

Новейшая технология обеззараживания воды, использующая ультрафиолет для полной инактивации (уничтожения) микрофлоры и микрофауны, обеспечивающая повышение надежности эксплуатации мембранных установок, безусловно найдет широкое применение в технике водоподготовки и водоочистки электростанций и других энергетических предприятий.

Для оптимальной работы УФ-оборудования необходимо правильно выбрать дозу облучения, которая пропорциональна интенсивности излучения (мВт/см^2) и времени его воздействия (с). Произведение этих величин представляет собою дозу облучения (мДж/см^2) и указывает долю бактерицидной энергии, сообщенной бактерии. Минимальная доза УФ-облучения, регламентируемая методическими указаниями санитарных органов для обеззараживания питьевой воды, – 16 мДж/см^2 («Санитарный надзор за применением УФ-излучения в технологии подготовки питьевой воды»).

Конструкция оптического узла УФ-лампы и ее защитной кварцевой трубки приводятся на рис.

Проведенные нами эксперименты позволили выявить оптимальные параметры процесса УФ-обеззараживания вод различной степени бактерицидности и минерализации.

Высокие технико-эксплуатационные показатели выпускаемого УФ-оборудования и современный уровень развития УФ-технологий создали условия для его масштабного применения в различных областях промышленности и решения ряда экологических и гигиенических проблем.

1. Алиев А. Ф., Дадашов А.В., Применение ультрафиолетового метода обеззараживания воды при мембранной деминерализации - Промышленная энергетика, Москва, 2011, № 2.

2. Алиев А.Ф., Дадашов А.В., Обеззараживание обессоливаемой воды ультрафиолетовым облучением при ее обратноосмотической деминерализации – «Водоснабжения и канализация» Москва, 2012, №10.

3. Ультрафиолетовое облучение – экологически чистый метод обеззараживания – Энергетик, Москва, 2007, № 9.

4. Волков С.В., Якименко А.В, Жоров Д. А., Макаев С.Н. Решение проблем качества воды с помощью ультрафиолетового излучения – Энергетик, Москва, 2002, № 12.

5. Потапов В.М., Гребнев А.А., Яковлева В.Ф., Голикова Т.В. Опыт эксплуатации узла ультрафиолетового обеззараживания в схеме подготовки подпиточной воды теплосети – Электрические станции, Москва, 2007, № 6.

6. Ультрафиолетовое обеззараживание воды. УФ – стерилизаторы воды
http://www.profiltr.ru/glossary/uv_ster.html.

7. Обеззараживание воды – фильтры УФ обеззараживания воды ультрафиолетом
<http://superfilter.ru/obezzarajivanie.htm>.

8. EkodarPROM – установки ультрафиолетового (УФ) обеззараживания
<http://www.ekodarprom.ru/2221.html>.

9. Ультрафиолетовое обеззараживание воды [http://www.eurolab.ru/ultrafioletovoe obezzarazhivanie_vody](http://www.eurolab.ru/ultrafioletovoe_obezzarazhivanie_vody).

SUHAZIRLAMADA SUYUN ULTRABƏNÖVŞƏYİ ZƏRƏRSİZLƏŞDİRİLMƏSİNİN TƏTBİQİ İLƏ MEMBRANLI QURĞULARIN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI

ƏLİYEV A.F., DADAŞOV A.V.

Məqalədə suyun zərərsizləşdirilməsində tətbiq edilən xlorlaşdırmanın əvəzinə ultrabənövşəyi şüalanma metodunun təklifi məsələsinə baxılır. Müxtəlif dərəcədə bakterisidli və minerallaşmış suların ultrabənövşəyi (UB) zərərsizləşdirilməsi prosesinin optimal parametrləri müəyyən edilmişdir.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF WATER TREATMENT MEMBRANE PLANTS USE ULTRAVIOLET DISINFECTION OF WATER

ALIYEV A.F., DADASHOV A.V.

The questions of the proposed method of water disinfection by ultraviolet (UV) irradiation instead of chlorination. The optimal process parameters of UV disinfection of water varying bactericidal activity and mineralization.

GÜMÜŞ TELLUR KRISTALININ EKOLOJİ CƏHƏTDƏN ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDƏ İŞÇİ MATERIAL KİMİ İSTİFADƏ OLUNMASI

ƏLİYEV F.F.*, HƏSƏNOVA R.A.*, HƏSƏNOV E.R.*, HÜSEYNOV C.İ. **

*AMEA Fizika İnstitutu, Bakı ş. H. Cavid pr.33, AZ 1143.

**Azərbaycan Pedaqoji Universiteti, Bakı ş. Ü.Hacıbəyov 34, AZ-1096.

***İşdə gümüş** –tellurid kristalının əsasında yaradılan termomaqnit və termoelektrik çevricilərinin bəzi parametrləri hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, bu kristalın p-tipinin faza keçidindən istifadə etməklə termomaqnit qəbuledicisi və termoelektrik gücləndiriciləri yaratmaq olar. Otaq temperaturunda isə n-Ag₂Te kristalı infraqırmızı oblastda işləyən termomaqnit çevricilərində işçi material kimi istifadə oluna bilər.*

Baxmayaraq ki, su elektrik və istilik elektrik stansiyaları bütün dövlətlərdə geniş istifadə olunur, ancaq onlar ətraf mühitin çirklənməsində bilavasitə mühim rol oynayırlar. Bu mənada bütün dünyada və o cümlədən Respublikamızda ekoloji cəhətdən əlverişli olan alternativ enerji mənbələri axtarılır. O enerji mənbələrindən biri də yarımkeçirici materiallardır ki, onlardan da biri Ag₂Te kristalı alternativ enerji çevrilmələrində (əsasən istilik enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsində) ekoloji təmizliyinə görə effektiv material kimi qəbul oluna bilər. Ag₂Te kristalı radiasiyaya davamlı olduğu (çox miqdarda defektlərə malik olduğu üçün) üçün həmin radiasiyalı mühitlərdə işləyən termomaqnit və termoelektrik çevricilərində ondan işçi material kimi istifadə etmək olar. Onlar əsasında yaradılan termoelektrik və termomaqnit çevriciləri kiçik enerji mənbələrini qidalandırmaqla yanaşı elektrik enerjisinin artırılmasına yardım etməklə, həm də ekoloji təmizliyin qorunmasında mühüm rol oynaya bilərlər.

Son illərdə termomaqnit və termoelektrik enerji çevricilərinə olan maraq olduqca artmışdır. Bu hər şeydən əvvəl onunla bağlıdır ki, bu kristalın Ag₂Te yükdaşıyıcılarının yürlüklüyü böyük olduğu üçün onlar əsasında yaradılmış termomaqnit və maqnitoelektrik çevriciləri, digər termoelektrik çevricilərinə nəzərən üstünlüyə malikdirlər. Xüsusən bu bərk cisim soyuducularına və İK qəbuledicilərinə aiddir [1-6]. Belə çevricilərin əsas xarakteristikaları onların keyfiyyətlik əmsalıdır [7-10],

$$Z_{TM} = \frac{Q_1 H}{\chi_H \rho_H} \quad (1)$$

və maqnitoelektrik keyfiyyətlik əmsalı

$$Z_{VT} = \frac{\alpha_H^2}{\chi_H \rho_H} \quad (2)$$

burada Q_1 eninə termomaqnit Hernst-Ettingeqauzen effektinin əmsalı (H-E), ρ_H elektrik müqaviməti, χ_H - maqnit sahəsindəki ümumi istilikkeçirmə və α_H - maqnit sahəsindəki uzununa termomaqnit əmsallarıdır. Z_{TM} və Z_{MT} kəmiyyətlərinin çox böyük qiymətlərini eninə və uzununa termomaqnit effektləri müşahidə olunan dar zolaqlı materiallarda gözləmək olar. Məlumdur ki, eninə və uzununa termomaqnit effektləri yarımmetallarda və dar zolaqlı yarımkeçiricilərdə müşahidə olunur ki, haradakı onlarda yükdaşıyıcıların yürlükləri böyükdür. [3, 4, 5] nəzəriyyəsinə əsasən bir tip cirləşmiş yükdaşıyıcısı olan yarımkeçiricilərdə və enerji spektri Keyn modelinə tabedirsə, səpilmənin qeyri-elastiki olmasını nəzərə almaqla, termoelektrik əmsalların ($\chi(H)$ - maqnit sahəsindəki istilikkeçirmə

əmsalı, $\Delta\alpha$ -termoelektrik əmsalı, $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ maqnit müqaviməti), ixtiyari maqnit sahəsinin qiyməti asılılıqları aşağıdakı kimidir.

$$\chi_H = \chi_F + \frac{P}{3} \left(\frac{K}{e} \right)^2 \frac{\sigma T \left(\frac{L}{L_0} \cdot \frac{UH}{C} \right)^2}{1 + \left(\frac{L}{L_0} \cdot \frac{UH}{C} \right)^2} \quad (3)$$

$$\alpha(H) = \alpha_0 + \frac{P^2}{2} \frac{K}{e} \frac{KT}{\xi^*} \gamma^{qe} \frac{\left(\frac{L}{L_0} \cdot \frac{UH}{C} \right)^2}{1 + \left(\frac{L}{L_0} \cdot \frac{UH}{C} \right)^2} \quad (4)$$

$$\alpha_0 = \frac{P^2}{3} \cdot \frac{K}{e} \frac{KT}{\xi^*} (1 + \gamma_c^{qe}) \quad (5)$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{3P^2}{4} \left(\frac{KT}{\xi^*} \right)^2 \cdot (\gamma^{qe})^2 \frac{\left(\frac{UH}{C} \right)^2}{1 + \left(\frac{UH}{C} \right)^2} \quad (6)$$

burada U-yükdaşıyıcıların yürüklüyü, $\frac{KT}{\xi^*}$ gətirilmiş kimyəvi potensialın tərs qiyməti

$\left(\xi^* = \frac{P^2 (3P^2/n)^{2/3}}{2m(\xi)} \right)$, γ_c^{qe} səpilmə mexanizmini nəzərə alan parametrlərdir ki, burada dispersiya qanunu qeyri- kvadratik və səpilmə mexanizmi qeyri-elasticity qəbul olunub.

$L_0 = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{K}{e} \right)^2$, L isə Lorens ədədinin təcrübi qiymətidir. (3) düsturunda γ_c^{qe} parametrinin hesablanma metodu [1-3] –işlərində verilmişdir. (3-6) ifadəsindən aydın görünür ki, tam istilikkeçirmə maqnit sahəsində həmişə azalır.

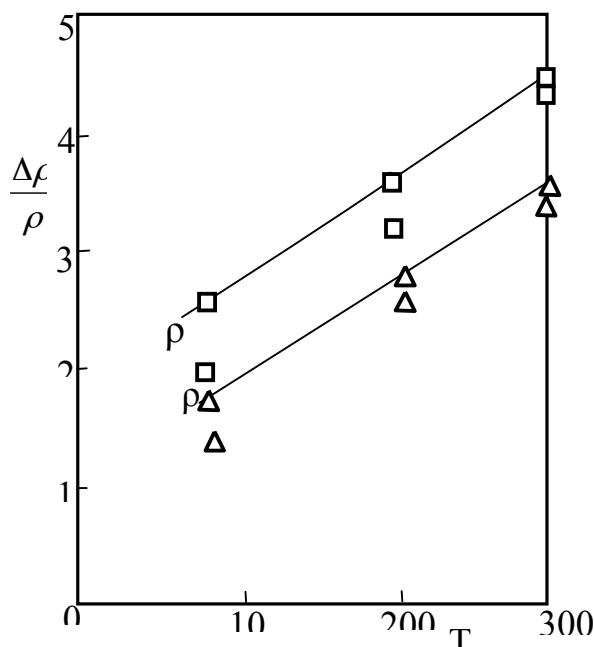
$\Delta\chi = \chi(0) - \chi(H)$ fərqi maqnit sahəsinin müəyyən qiymətində əsasən səpilmə mexanizmindən və eyni zamanda, qeyri-elasticity səpilmə dərəcəsi və elektron istilik keçirməsindən və fonon istilikkeçirməsindən ciddi asılıdır. Maqnit sahəsində termoelektrik hərəkət qüvvəsi səpilmə mexanizmindən asılı olaraq azala bilər (xüsusi ilə səpilmə ionlaşmış aşqarlardan olarsa), həm də arta bilər (səpilmə qəfəsin istilik rəqslərindən olarsa). Göründüyü kimi $\Delta\alpha = \alpha(H) - \alpha(0)$ termoelektrik hərəkət qüvvəsinin dəyişməsinin qiyməti, qarşılıqlı təsirin təbiətindən, cırılmasından və səpilmə mexanizmindən asılıdır. $\Delta\alpha$ kəmiyyətinin dəyişməsinin maqnit sahəsindən asılılığı $\Delta\alpha \sim H^2$ kimidir (əgər $\frac{UH}{C} \ll 1$ şərti ödənirsə).

Hesablama göstərir ki, Ag_2Te birləşməsində səpilmənin qeyri- elasticity olması [3], $\Delta\alpha$ fərqlinin kəskin dəyişməsinə səbəb olur. Müqavimətin maqnit sahəsində dəyişməsi $\frac{\Delta\rho}{\rho}, \left(\frac{UH}{C} \ll 1 \text{ olanda} \right) \frac{\Delta\rho}{\rho} \sim H^2$ olur. Ancaq $\Delta\alpha$ -nın dəyişməsinin cırılmasından asılılığı

isə $\left(\frac{KT}{\xi^*} \right)^{-1}$ kəmiyyəti ilə tərs mütənasib olur. Burada elektron qazının güclü cırılması və

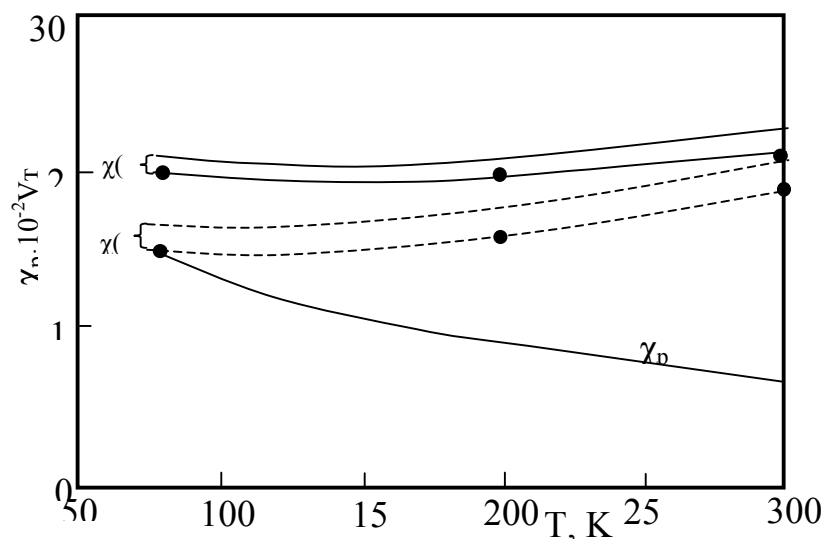
istilik rəqslərindən səpilmə mexanizmi nəzərə alınır, haradaki $\frac{KT}{\xi^*}$ və $\gamma^{qe} < 1$ olurlar. Ona

görə (6) ifadəsindən alınır ki, $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ qiyməti kiçikdir və $\rho(H) \rightarrow \rho_o^{(o)}$ olur. Yəni maqnit sahəsi müqaviməti dəyişmir. Ona görə, səpilmə mexanizminin, qeyri-elastikliyin, cırlaşmanın, elektron istilikkeçirməsinin, fonon istilikkeçirməsinə nisbətinin optimal qiymətlərində (1-2) ifadəsindən istifadə etməklə (Z)-in böyük qiymətlərini əldə etmək olar. Gümüş tellur birləşməsi dar zonalı yarımkəçircilər qrupuna daxildir. Elektronların yürüklükləri yüksəkdir və qəfəs (və ya fonon) istilikkeçirməsi kiçikdir. Ona görə bu birləşmədə Z_{TM} və Z_{MT} kəmiyyətlərinin tədqiq edilməsi maraqlıdır. Bu mənada birləşmənin praktiki tətbiqi genişdir. Temperaturun müəyyən intervalında və elektronların konsentrasiyalarının müəyyən qiymətində Z -in qiymətini xeyli artırmaq olar. 1,2,3 şəkillərində konsentrasiyaları $n=3,0 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ və $n=5,1 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ olan iki nümunədə $\rho, \rho(H), \chi(H), \alpha(H)$ kəmiyyətlərinin temperatur asılılıqları verilmişdir. Bu şəkillərdə qırıq xətlər $\chi(H)$ və $\alpha(H)$ kəmiyyətlərinin (3) və (4) ifadələri ilə hesablama qiymətləri verilib. Bu əyrlərdə səpilmə mexanizmi və qeyri –elastiklik ($\frac{L}{L_0} < 1$) nəzərə alınıb. [1,2,3 və 6]-işlərindən istifadə etməklə analiz olunan $\frac{L}{L_0}$ nisbəti nəzərə alınıb. Bu məlumatlar əsasında maqnit elektrik keyfiyyətliliyi

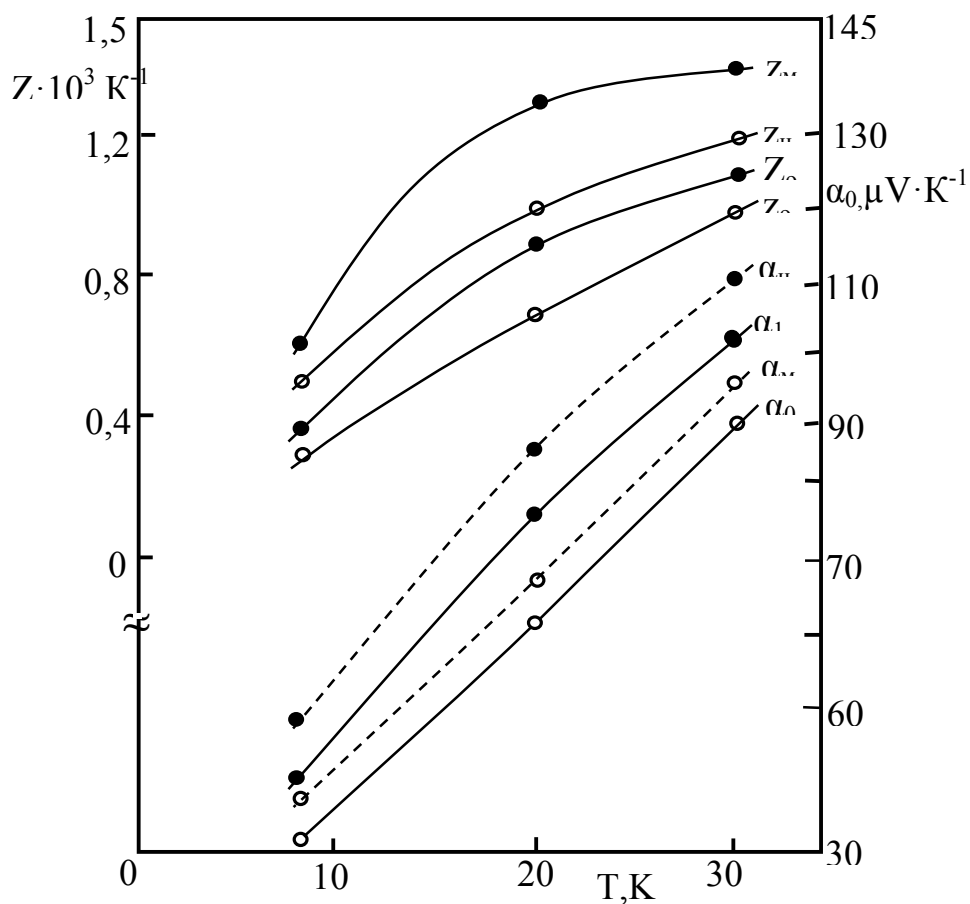


Şəkil 1. Nisbi müqavimətin temperatur asılılığı. Haradakı hesablamalar $\square n=3,0 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$, $\triangle n \approx 5,1 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiyaları üçün aparılmışdır.

Z_{MT} (şəkil 3) hesablanıb. Oradan aydın görünür ki, maqnit sahəsinin $H \sim 12 \text{ kE}$ qiymətində Z_{MT} ciddi artır. Z nəzərə alınmaqla $\Delta\alpha$ və $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ kəmiyyətlərinin ekstrapolyasiya yolu ilə qiymətləndirilməsi göstərir ki, maqnit sahəsinin 30 kE qiymətinə qədər 200K temperaturda Ag_2Te birləşməsində $Z_{MT} \approx 2,5$ dəfə arta bilər. Z_{MT} kəmiyyətinin belə artımını bərk cisim soyuducusunda istifadə olunan müxtəlif yarımkəçircilərdə gözləmək olar. Peltze effekti əsasında maqnit sahəsində işləyən yarımkəçirici soyuducusunu temperatur qradientinə perpendikulyar yerləşdirməklə, temperaturu kifayət qədər azaltmaqla, soyuq qaynaq tərəfi soyutmaq olur. Ag_2Te birləşməsində termomaqnit keyfiyyətliliyi təyin etmək məqsədi ilə, göstərilən kinetik əmsallardan başqa, həmçinin ölçüsüz N-E ε_y sahə əmsalı. $\varepsilon_y = \frac{QH}{K/e}$ tətbiq



Şəkil 2. Ag_2Te kristalında istilikeçirmənin temperatur asılılığı
Hesablamalar $n \approx 5,1 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ üçün aparılmışdır.



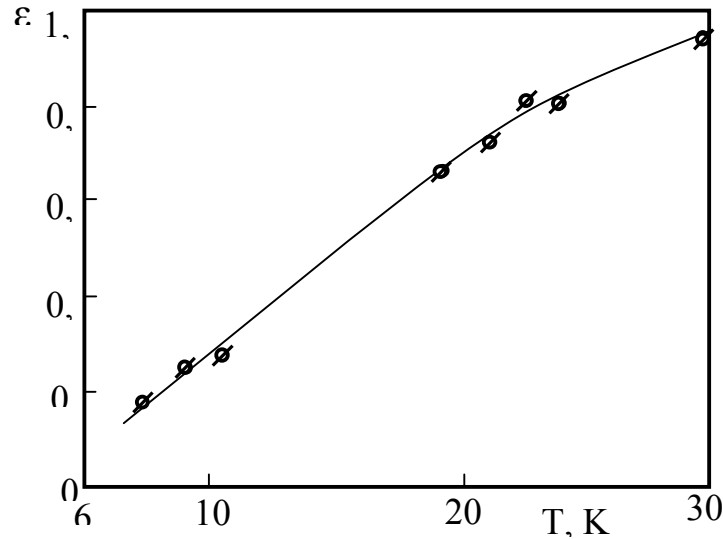
Şəkil 3. Ag_2Te kristalında termoelektrik hərəkət qüvvəsinin və maqnetoelektrik keyfiyyətliyinin temperatur asılılığı. İşarələmələr şəkl.1-dəki kimidir. Nöqtələr təcrübi, bütöv xətlər hesablamalar [hesablamalar (2-6) düsturları ilə aparılmışdır].

olunub. Burada maqnit sahəsi 16kE qədər götürülüb. Şəkil 4-də ε_y , $\alpha(H)$, $\rho(H)$ məlumatlarına görə termomaqnit keyfiyyətlik Z_{TM} hesablanıb. Şəkil 5-də Z_{TM} -in temperatur asılılığı verilib və [7] ədəbiyyat məlumatları ilə $\text{Bi}_{97}\text{Sb}_3$ sistemlərində termomaqnitkeyfiyyətliyi çox olduğuna görə, onunla tutuşdurulub. Bu ayrılardan görünür ki,

Ag₂Te birləşməsində termomaqnit keyfiyyətlik 200-300K temperatur intervalında Bi₉₇-Sb₃ sistemindən xeyli çoxdur.

Termomaqnit və termoelektrik çevricilərində Ag₂Te kristalı işçi material kimi.

Tellur gümüş birləşməsinin kriogen texnikasında istifadə olunma imkanlarından biri Nernst-Ettinizqanzen soyuducularında işçi element kimi istifadə olunmasıdır.



Şəkil 4. Ölçüsüz Nernst-Ettinizqanzen sahəsinin $\varepsilon_g = \frac{QH}{K/e}$ nəzərə alınmaqla $n=3,0 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ üçün temperatur asılılığı.

Qalvanotermomaqnit soyutmada çoxlu materiallar istifadə olunur [8]. Ancaq bu materialların termomaqnit keyfiyyətliliyi yüksək deyil. Müasir dövrdə ən çox termomaqnit keyfiyyətliliyi olan Bi-Sb monokristalıdır [9]. Bu materialların termomaqnit keyfiyyətliliyi maqnit sahəsinin $H=10\text{ke}$ qiymətində $T=80\text{-}300\text{K}$ temperatur intervalında $\sim 2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ bərabərdir.

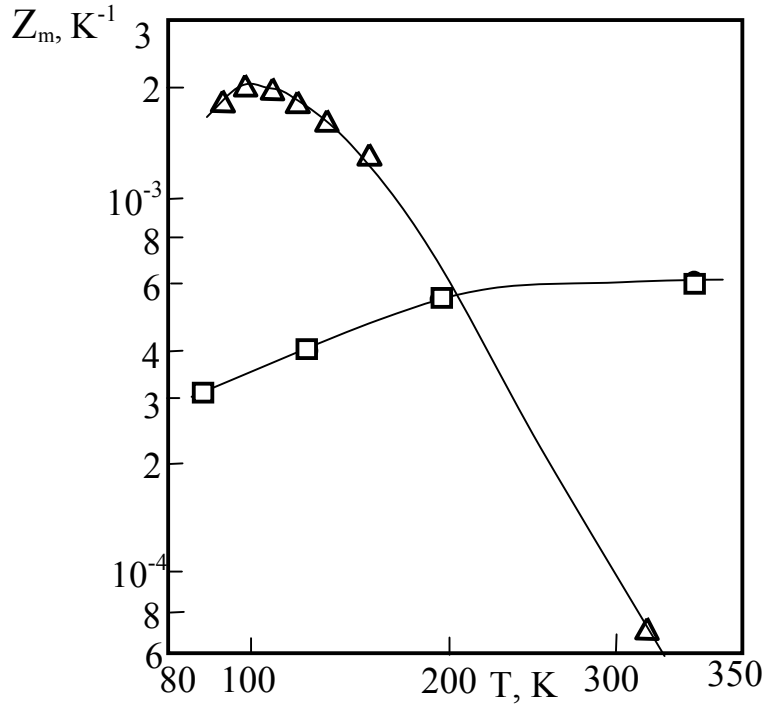
Bu materialların 200-300K temperatur intervalında termomaqnit keyfiyyətliliyi aşağıdır və $\sim 3 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ qiymətindədir. Bununla əlaqədar bu nümunənin Hest-Ettinizqanzen soyuducusunda istifadəsi effektiv deyil. Bizim göstərdiyimiz kimi 200-300 K temperatur intervalında Ag₂Te birləşməsi $Z_{TM} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ keyfiyyətliliyinə malikdir və temperaturdan demək olar ki, asılı deyil. Bu ədəd Bi-Sb sistemlərinkindən çox-çox böyükdür. Eləcədə keyfiyyətlik əmsalı maksimum temperatur fərqi təyin edir.

$$\Delta T_{\max} = \frac{1}{2} Z T_r^2$$

Burada $\Delta T_{\max} = T_i - T_s$ isti və soyuq tərəfin temperaturlarıdır. Deməli 200-300K temperatur intervalında Ettinqauzen elementi kimi Ag₂Te birləşməsindən istifadə etmək sərfəlidir [10].

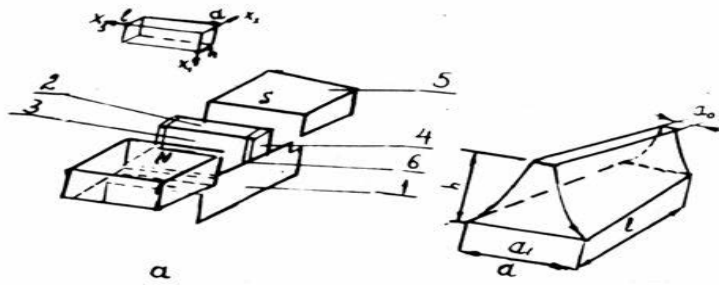
Nernst-Ettinizqanzen soyuducusu sxematik olaraq şəkil 6-da göstərilib. Ettinizqanzen elementi (3) istilikkeçirməyən (1) kütləsinə qoyulub. Elementə (4) elektrodları vasitəsilə cərəyan kontaktları qoşulub. Ettinizqanzen elementi sabit maqnitin (5) qütbləri arasına qoyulub və istilikkeçirməyən kütlədən elektrik izolə (6) örtüyü ilə örtülür.

Lazım olan soyuma (2) səthində alınır. Qeyd edək ki, temperaturun mümkün aşağı düşməsinə qalvanomaqnit soyuducuları istifadə edəndə alınır. Elementə eyni elektrik sahəsinin təsiri olduğunu nəzərə alsaq, onda elementlər arasında elektroizolyasiya lazım deyil. Bu halda soyuducu bir kristaldan hazırlana bilər və sonsuz sayda element ola bilər. Bununla bərabər hər bir sonrakı element istiliyi keçirməməlidir, daha doğrusu hər bir element eyni istilik keçirməməyə yaxın olmalıdır.



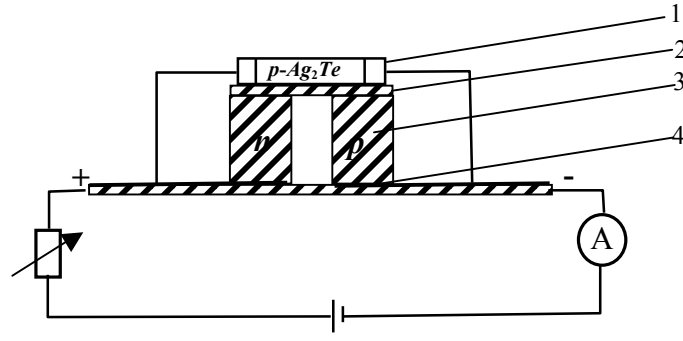
Şəkil 5. Z_{TM} termomaqnit keyfiyyətliliyin temperatur asılılığı. İşarələmələr şəkl.1-dəki kimidir.

Buna hər elementin en kəsiyini artırmaqla nail olmaq olar. Elementin optimal forması şəkil- 6 –da verilmişdir. Təcrübə elementin eksponensial əyilmə formasının düzbucaqlı formadan üstün olduğunu təsdiq edir. Ona görə müasir qalvanomaqnit Ettinizqanzen effekti əsasında soyutma $Bi_{1-x}Sb_x$ birləşməsində eksponensial trapezə oxşar element hesab olunur (şəkl.6). Belə forma $\Delta T_{max} = 101K, T_I = 302K$ temperaturlarında olub [9]. Bundan başqa Ettinizqanzen elementi gibrir Pelte-Ettinizqanzen soyuducusunda da istifadə oluna bilər (şəkil 7).



Şəkil 6. Ettinizqanzen soyuducusu.

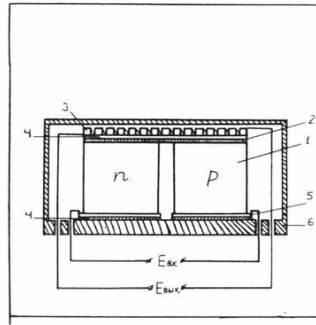
Şəkildən aydın olur ki, termoelektrik soyuducu quruluşunun əsas elementi (3) Bi (Te, Se) bərk məhlulun əsasında, lakin burada Ettinizqanzen elementi n- Ag_2Te kristalı olmuşdur (1). Bu quruluşun işləmə prinsipi ona əsaslanır ki, Ag_2Te materialı müəyyən temperatura qədər soyuyur, bununlada istə tərəfdən enerji şüalanır. Bundan sonra Ettinizqanzen elementinin köməyi ilə temperaturun T_x qiymətinə qədər azalması əldə olunur. Təklif olunan qurğu kiçik qabaritli elektron qurğuları ola bilər və onları İK qəbulediciləri vasitəsi ilə soyutmaq olar. Ag_2Te birləşməsində faza keçidinin olması imkan verir ki, termoelektrik çevrici kimi ondan istifadə olunsun.



Şəkil 7. $T=80\text{K}$ -də $p\text{-Ag}_2\text{Te}$ ($p=6,25 \cdot 10^{16} \text{sm}^{-3}$) əsasında təklif olunan Pelte-Ettinizqanzen gibrir Soyuducusu Ettinizqanzen elementi. 2-istilikkeçmə, 3-termoelektrik soyuducusu, 4-termoelektrik soyuducusunun yapışması.

Şəkil 8-də təklif olunan qurğu verilmişdir. O (1) Pelte termoelementindən, (2) işçi qaynağı ilə istilik kontaktında olan (3) termoçevricidən və n- və p- Ag_2Te birləşməsindən olan batereyadan ibarətdir. $p\text{-Ag}_2\text{Te}$ -də α_0 termo e.h.q əmsalı faza keçidində sıçrayışla artır. Əks tərəfdəki Pelte qaynağı, istilik izolyasiyası 4, 6 termostatu ilə kontakta gətirilir. Qurğunun işləməsi aşağıdakı kimidir[12]. Termostata faza keçidində yaxın temperaturu verilir (təxminən 1K). Güclənmə əmsalı nə qədər çoxdursa, Pelte termoelementinin kontaktları arasındakı fərq o qədər az olur. Pelte termoelementinə $U_{\text{giriş}}$ siqnalı verilir. Bu zaman Pelte termoelementi çevricinin faza keçidində qədər temperaturunu qaldırır və ΔT temperatur qradienti yaranır. Uyğun olaraq α_0 termo e.h.q. yaranır. Pelte termoelementinə U_g siqnalı verildikdə $W = JU_g$

gücü ayrılır və bu da $Q = \varepsilon W$ istiliyinin ayrılmasına səbəb olur. Burada $\varepsilon = \frac{T}{\Delta T} f(Z)$ soyuducu əmsalı adlanır. Burada $f(Z)$ İoffe meyarı funksiyası ΔT faza keçidi zamanı yaranan temperatur fərqi. Müasir termoelektrik materiallarında $\Delta T \approx 1\text{K}$ olanda, $f(Z) \approx 0,2$ və



Şəkil 8. İşçi elementi n- və $p\text{-Ag}_2\text{Te}$ faza kecidində α_0 artmasını nəzərə alaraq təklif olunan ,zəif elektrik siqnallarını gücləndirmək üçün termoelektrik çevricisi.

$\varepsilon \approx 60$ -dir. $\Delta T < 1$ olanda ε daha da artır. Onda faza keçidində sərf olunan enerji azalır. Beləliklə, termo e.h.q. faza keçidi zamanı sıçrayışla dəyişməsindən istifadə edərək və termoelementin sayını artırmaqla U_g siqnalının böyük qiymətini və həmçinin U_g/U_c güclənmə əmsalını artırmaq olur. Məlumdur ki, termogücləndiricilərdə termorezistorlardan istifadə olunur. Bu termorezistorların qızması ilə əlaqədar olaraq giriş gərginliyini stabilləşdirmək olmur. Ona görə də təklif olunan qurğuda bu ölçmə sistemləri giriş gərginliyinin stabilliyini yaradır.

Beləliklə, gümüş tellur kristalının radiasiyaya davamlılığını, termoelektrik və termomaqnit xassələrini nəzərə almaqla imkan verir ki, ondan müasir texnikada, JK oblastında və otaq temperaturunda işləyən termoelektrik və termomaqnit çevricilərində işçi material kimi istifadə etmək olar.

1. *Алиев С.А., Араслы Д.Г.* Приемники теплового излучения на эффекте Нерста-Эттингсгауэна ФТП, 1978 Т.12, в.5. с.1030-1034.
2. *Алиев С.А., Алиев М.И., Араслы Д.Г.* Кинетические явления и энергетический спектр электронов в узкозонных полупроводниках. Изв. АН Аз.ССР. сер. ФТММ, 1978, №4, с.80-86.
3. *Алиев С.А., Суюнов У.Х., Араслы Д.Г., Алиев М.И.* Неупругость рассеяния электронов в Ag_2Te . ФТП, 1973, т.7, в.6. с.1016-1091.
4. *Алиев С.А., Суюнов У.Х., Алиев М.И.* Структура зоны проводимости в Ag_2Te // Изв. АН СССР Азерб, сер. физ.-тех и мат. наук 1973, №1, с.63-68.
5. *Askerov B.M., Gashimzade F.M.* Determination of parameters of degenerate semiconductors. Phys. Stat. Sol. 1967, 21, p.155-161.
6. *Алиев С.А., Алиев Ф.Ф.* Термомагнитные и термоэлектрические свойства теллурида серебра. Изв. АН СССР, серия. «Неорг.матер.» 1988, т.24, №2, с.341-343.
7. *Коржуев М.А.* Исследование термомагнитных добротности сплавов Bi-Sb. Изв. АН СССР, «Неорг.матер.» 1976, №12, с.131-138.
8. Патент США №3547705, ики 136-203, опубл. 1970.
9. *Осипов Э.В.* Твердотельная криогентехника. Киев «Наукова думка» 1977, с.138-169.
10. *Алиев С.А., Алиев М.И., Агаев З.Ф., Араслы Д.Г.* Материалы для холодильника эттингсгауэна. А.С. №828269 мкл НО137/00, опубл.1981.
11. *Алиев Ф.Ф.* Электрические и термоэлектрические свойства p- Ag_2Te в β -фазе//ФТП, 2003, т.37, в.9, с.1082-1084.
12. *Алиев С.А., Алиев Ф.Ф., и др.* Термоэлектрический усилитель. А.С. 1241955 (СССР) Заяв. 18.10.1984.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ТЕЛЛУРИДА СЕРЕБРА КАК РАБОЧИЕ МАТЕРИАЛЫ В КАЧЕСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

АЛИЕВ Ф.Ф., ГАСАНОВА Р.А., ГАСАНОВ Е.Р., ГУСЕЙНОВ С.И.

В данной работе были рассчитаны параметры термоэлектрических и термомагнитных преобразователей, созданных на основе теллурида серебра. Показано, что при фазовом переходе можно создать термомагнитные и термоэлектрические усилители. При комнатной температуре n- Ag_2Te является рабочим материалом для создания термомагнитных преобразователей, работающих в области инфракрасного излучения.

USE OF SILVER TELLURIDE CRYSTALS AS WORKING MATERIALS IN ECOLOGICAL ALTERNATIVE SOURCES

ALIYEV F.F., HASANOVA R.A., HASANOV E.R., HUCEYNOV S.I.

In this paper the parameters of thermoelectric and thermomagnetic transducers created on the basis of silver telluride was calculated. It is shown that the phase transition can create a thermomagnetic and thermoelectric amplifiers. At room temperature, n- Ag_2Te is working material for thermomagnetic transducers working in the field of infrared radiation.

UOT 662.997: 662.93 (44)

BAKİ ŞƏHƏRİNDƏ YERLƏŞƏN FƏRDİ YAŞAYIŞ EVLƏRİNİN ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN HESABINA QAYNAR SU VƏ İSTİLİKLƏ TƏMİN OLUNMASI İMKANLARININ ARAŞDIRILMASI

HƏŞİMOV A.M.^{*}, SALAMOV O.M., ƏLİYEV F.F.^{}**

^{}Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Rəyasət Heyəti*

AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu

*^{**}Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyası*

Hazırkı işdə Abşeron yarımadasında, o cümlədən də Bakı şəhərinin ərazisində yerləşən fərdi mənzillərin istilik (İT) və qaynar su təminatı (QST) üçün lazım gələn istilik yükünün (İY), həmçinin ümumi istilik itkilərinin (İİ) müəyyən edilməsi bir məqsəd kimi qarşıya qoyulmuşdur. Bu məqsədlə eksperimental ev kimi ailə üzvlərinin sayı 5 nəfər təşkil edən fərdi yaşayış evi seçilmişdir. İT və QST üçün lazım gələn ümumi enerji məsrəfini müəyyən etmək üçün 2012-ci il ərzində hər ay qaz saygacının göstəriciləri qeydiyyatla alınmışdır. İT zamanı yaranan İİ-nin müəyyən edilməsi üçün isə dərəcə-gün üsulundan istifadə edilmişdir. Sonda ümumi İY-nün alternativ enerji mənbələrindən, xüsusən də günəş və külək enerji mənbələrindən təmin olunması imkanları araşdırılmışdır.

Açar sözlər: İstilik təminatı, qaynar su təminatı, istilik yükü, istilik itkisi, dərəcə-gün üsulu, qaynar və soyuq suyun temperaturu, istilikdaşıyıcının temperaturu, qızdırılan mənzillərdəki temperatur, havanın temperaturu.

Bəlli olduğu kimi həm ictimai (sənayedə və istehsalatda) həm də fərdi (şəxsi təsərrüfatlarda, mənzillərdə) qaydada istifadə olunan enerjinin əsas hissəsini (60%-dən çoxunu) istilik enerjisi təşkil edir. Bu enerjiyə olan tələbatın əksər hissəsi müxtəlif növ üzvü və sintetik yanacaqdan (maye, qaz və bərk şəkildə) istifadə etməklə təmin olunur. Dağlıq və dağətəyi rayonlarda, xüsusən də ucqar dağ kəndlərində isə hələ də çoxlu miqdarda oduncaqdan yanacaq kimi istifadə edilir. Bu zaman çox vaxt palıd, fısıq və s. kimi qiymətli ağac növləri məhv edilir, hansıların ki, təkrarən bərpası üçün on illiklər lazım gəlir. Bütün bu enerji mənbələrindən və enerjidaşıyıcılardan istifadə edilməsi bir sıra ekoloji fəsadlara, məsələn, yerətrafi atmosfer qatının istilik balansının pozulmasına, torpağın və su mənbələrinin çirklənməsinə, beləliklə də flora və faunada kəskin dəyişikliklərin yaranmasına səbəb olur. Nəticə etibarilə bütün planetdə insanların orta ömür müddəti get-gedə azalır.

Yanma prosesi ilə müşahidə olunan energetik proseslərin demək olar ki, əksəriyyəti, xüsusən də fərdi mənzillərdə yanacaq qismində təbii qazdan istifadə olunması, tez-tez qəzaların baş verməsi ilə nəticələnir ki, bu cür hadisələr də çox vaxt fərdi yaşayış sahələrinin yanması və insan tələfatı ilə müşahidə olunur. İstilik elektrik stansiyalarında, atom elektrik stansiyalarında və digər iri miqyaslı obyektlərdə baş verən qəzalar isə daha ağır fəsadlara gətirib çıxarır.

Bütün bu qeyd olunanlar gələcəyin energetika sektorunda ekoloji cəhətdən təmiz və tükənməz olan alternativ enerji mənbələrindən mümkün qədər daha böyük miqyasda istifadə olunmasını tələb edir. Bu zaman enerji çevirmələrini yanma prosesi ilə müşayiət olunmadan reallaşdıran energetik qurğuların və sistemlərin işlənməsi müstəsna əhəmiyyət kəsb edir [1-4].

Hazırda AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunda günəş və külək enerjisindən ayrılıqda və kombinə olunmuş şəkildə istifadə etməklə İT və QST sahəsində elmi-tədqiqat işləri aparılır. Eyni zamanda, günəş və külək energetikasına aid bir sıra elmi-axtarış işləri də, xüsusən antikorroziya və elektrolizlə, həmçinin də pnevmatik akkumulyatora malik külək energetik sistemləri ilə əlaqədar işlər də aparılır.

Günəş və külək enerjisindən istifadə etməklə İT və QST prosesləri mürəkkəb proseslərdir. Belə ki, bu proseslər biri-birindən asılı olmadan təsir göstərən və ixtiyari şəkildə dəyişən çoxlu sayda parametrlərdən asılıdır, hansıları ki, şərti olaraq dörd qrupa bölmək olar. Bu zaman birinci qrup parametrlər enerji mənbəyinin girişinə təsir göstərən parametrləridir ki, bura əsasən günəş radiasiyasının intensivliyini (GRİ) və küləyin ani sürətini aid etmək olar. Bu parametrlərin hər ikisi zamandan asılı olaraq ixtiyari şəkildə dəyişir və bu zaman əgər GRİ yarımbuludlu hava şəraitində stoxastik, tam aydın və tam tutqun hava şəraitində isə sinusoidal şəkildə səliqə dəyişirsə, küləyin sürəti əksər hallarda stoxastik dəyişir. Bu isə həmin enerji mənbələrinin hər ikisindən istifadəni xeyli çətinləşdirir. Əlavə akkumulyasiyaedici sistemlərdən istifadə edilmədikdə qərarlaşmamış iş rejimində işləyən bu cür enerji mənbələrindən stabil qida tələb edən bir-sıra işlədiciləri bilavasitə enerji ilə təmin etmək mümkün olmur.

İkinci qrup parametrlər enerji çevirici qurğulara aid parametrlərdir. Baxılan halda günəşin şüa şəkilli enerjisini istilik enerjisinə çevirmək üçün yastı günəş kollektorlarından (YGK), külək selinin axın şəklində kinetik enerjisini əvvəlcə külək çarxı (KÇ) vasitəsilə mexaniki, sonra isə elektrik generatoru (EG) vasitəsilə elektrik enerjisinə çevirmək üçün külək elektrik mühərrikindən (KEM) istifadə edilir. Odur ki, ikinci qrup parametrlərə həm YGK-nın, həm də KEM-nin parametrləri daxildir. YGK-nun parametrlərinə şəffaf örtüyün (günəş şüalarının görünən və infraqırmızı oblastı üçün şəffaf, istilik şüalarına qarşı isə qeyri-şəffaf olan şüşə təbəqə) optik parametrləri (şüaburaxma, şüaəksetdirmə və şüasındırma qabiliyyətləri), həmçinin şəffaf örtükdən, yan divarlardan və alt divardan olan islik itkiləri, şüauducu lövhənin optik xassələri (qaralıq dərəcəsi, istilikudma əmsalı, həmçinin selektivlik göstəricisi və s.), qabarit ölçülər, çəki və s. parametrlər daxildir [5,6]. KEM-nə gəldikdə isə, bu zaman ilk növbədə KÇ-da yaranan fırlanma hərəkətini EG-nun valına minimal itkilərlə ötürmək funksiyasını yerinə yetirən transmissiya rolunu oynayan reduktora (adətən kiçik güclü KEM-də istifadə olunur) və ya multiplikatora (böyük güclü KEM-də istifadə olunur) aid parametrlər, həmçinin də EG-nun məxsusi parametrləri nəzərdə tutulur. Bura KEM-nin çıxış gücünün və cərəyanın tezliyinin küləyin sürətindən və xarici dövrənin müqavimətindən (elektrik yükü) asılılıq xarakteristikaları, həmçinin də KÇ-nın qanadlarının bir-sıra konstruktiv (xüsusən aerodinamik) xarakteristikaları da daxildir. Lakin, ikinci qrupa aid olan bütün bu parametrlər enerji çevirici qurğunu hazırlayan zavod tərəfindən verilir və həmin parametrlər KEM-nin pasport göstəriciləri sayılır [7].

Üçüncü qrup parametrlər istilikdaşıyıcı reagentin (İDR) və qaynar suyun məsrəfi (axın sürəti), həmçinin də akkumulyator çəninin girişinə daxil olan soyuq suyun həm temperaturu, həm də axın sürəti aiddir. YGK-nın əsasında işləyən kiçik güclü sistemlərdə İDR-in təbii dövrəni tətbiq edilir ki, bu zaman İDR-in məsrəfi GRİ-nin dəyişməsinə uyğun olaraq öz-özünə tənzimlənir [8]. Böyük tələbat gücünə malik obyektləri istilik və qaynar su ilə təmin etmək üçün nəzərdə tutulan qurğularda isə çoxkonturlu sistemlərdən və İDR-in məcburi dövrəninə istifadə edilir. Bu zaman tələbatdan asılı olaraq bir neçə yerdə dövrə nasosu, idarəolunan ventil və s. istifadə olunur və həmin icraedici mexanizmlərin işini idarə etmək üçün avtomatik idarəetmə sistemlərindən istifadə olunması lazım gəlir, hansıların ki, işi YGK-nun çıxış konturunda, həmçinin də qaynar su üçün akkumulyasiya çəninə aşağı, orta və yuxarı hissələrində quraşdırılmış istilik relelərinin vasitəsilə tənzimlənir [9]. YGK ilə KEM-nin birgə işlədiyi hallarda isə həmin termorelelər elektrik dövrəsi üzrə KEM-nin çıxışına qoşulmuş invertorun gərginliyini nəzarətdə saxlayan voltmetr tipli rele ilə differensial sxem üzrə qoşulmaqla KEM-nin və YGK-nın müxtəlif kombinasiyalarla İY-nə kommutasiyası prosesini reallaşdırır. Bu səbəbdən də bütün bu verici, aralıq və icraedici qurğuların parametrləri də məhz üçüncü qrupa aid edilə bilər [10]. Lakin ikinci qrupun parametrlərindən fərqli olaraq, bu parametrlər kombinə olunmuş qurğunu layihələndirən mütəxəssislər, yəni bizim tərədimizdən seçilir, nəzarətdə saxlanılır və tənzimlənir.

Nəhayət, dördüncü qrup parametrlərə istehlakçının qurğunu istismar etdiyi şəraitlə əlaqədar parametrlər aiddir. Bu parametrlərə misal olaraq suyu və otaqları qızdırmaq üçün

istifadə edilən qızdırıcı avadanlıqların, xüsusən də fərdi evlərdə istifadə edilən suqızdırıcı avadanlıqların (əksər evlərdə samovar tipli, üstü istilik izolyasiya qatı ilə örtülməmiş suqızdırıcı kolonkalardan istifadə edilir) ətraf mühitlə nə dərəcədə istilik mübadiləsində olub olmamasından, qaynar su kolonkasından mənzillərə qədər olan hissədə isti su borularının istilik izolyasiya qatı ilə örtülüb örtülməməsindən, ətraf mühitin temperaturunun gün və ay ərzində necə dəyişməsindən asılı olan parametrlərdir. Bu zaman İY-nün qiymətinə xeyli dərəcədə təsir göstərən bir sıra digər parametrlər də vardır, hansılar ki, evdə istifadə olunan istilikayırıcı avadanlıqlardan, evlərin nə dərəcədə birbaşa günəş şüaları ilə işıqlanma dərəcəsindən, ətraf mühitlə konvektiv əlaqədə olan divarların səthinin ümumi sahəsindən, qalınlığından və materialından, qapı və pəncərələrin sayından və ölçüsündən, nəhayət mənzildə yaşayan sakinlərin qaynar sudan nə dərəcədə istifadə etməsindən və evdə temperaturu, süni yolla havalandırmaqla necə tənzimləməsindən asılı olan və ixtiyari dəyişən parametrlərdir.

Göründüyü kimi, yuxarıda qeyd olunan bu dörd qrupa daxil olan parametrlərin sayı həddən çoxdur və həmin parametrlər biri-birindən asılı olmadan ixtiyari şəkildə dəyişdiyindən, belə istilik-energetik qurğuların işini tam olaraq avtomatlaşdırmadan onların iş rejimlərini optimallaşdırmaq, istilik itkilərini minimuma endirmək və zamanın hər-hansı anında maksimal f.i.ə.-na nail olmaq mümkün deyildir.

Hazırkı işdə məqsəd Bakı şəhərinin ərazisində yerləşən və 5 nəfər ailə üzvünün yaşadığı fərdi evin istiliyə və qaynar suya olan tələbatının YGK-nın və KEM-nin hesabına ödənilə bilməsi üçün ilin müxtəlif aylarında hər iki proses üçün lazım gələn İY-nü və bu zaman baş verən İİ-ni təyin etmək və alınan nəticələri analiz etməkdən ibarətdir.

Eksperimental ev Bakı şəhərinin Yasamal rayonunun ərazisində yerləşən və ümumi sahəsi 56 m² təşkil edən 4 mənzildən ibarətdir. Mənzillərin hündürlüyü 2,8 m, daxili tərəfdən divarların (qapı və pəncərələr də daxil olmaqla) səthlərinin ümumi sahəsi 156 m², divarlarının ətraf mühitlə əlaqəli olan səthinin ümumi sahəsi isə 60 m² təşkil edir. Aylıq enerji məsrəflərinin (EM) qiymətlərini təyin etmək üçün 2012-ci il ərzində qaz sayğacının aylıq göstəriləri qeydiyyatla alınmışdır, hansılar ki, Cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

2012-ci il ərzində eksperimental evdə quraşdırılmış qaz sayğacının aylıq və illik göstəriciləri

Parametrlər	Aylar												İllik
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sayğacın göstəricisi	600	560	500	310	150	100	90	90	100	120	330	550	3450

İT və QST üçün lazım gələn ümumi EM-nin aylıq qiymətləri 1 m³ metanın yanması zamanı verdiyi istilik miqdarı nəzərə alınmaqla təyin edilmişdir. Bu məqsədlə aşağıdakı tənlikdən istifadə olunmuşdur [11]:

$$E_{üm}^{ay} = (29,53n + 10,25)ZC\eta_{qaz}, \quad (1)$$

harada: C - ay ərzində sərf olunan metan qazının miqdarı, m³; n - karbon ədədi (hazırkı halda metan üçün $n=1$); Z - ümumi EM-ni kVt·saat-la ifadə etmək üçün əmsal ($Z = 0,278$); η_{qaz} - qazla işləyən qızdırıcı avadanlıqların f.i.ə., hansının ki, qiyməti 0,5÷0,6 intervalında dəyişir (hazırkı halda tərəfimizdən $\eta_{qaz} = 0,55$ qəbul edilmişdir).

Cədvəl 2-də İT və QST üçün lazım gələn ümumi EM-nin (1) tənliyinə əsasən təyin edilmiş aylıq və sutkalıq qiymətləri, həmçinin də ümumi İY-nin təmin olunması üçün enerji mənbəyindən tələb olunan ümumi gücün orta qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 2.

Ümumi EM-nin qaz işlədicilərinin f.i.ə. nəzərə alınmaqla təyin edilmiş qiymətləri, həmçinin enerji mənbəyindən tələb olunan gücün orta qiymətləri

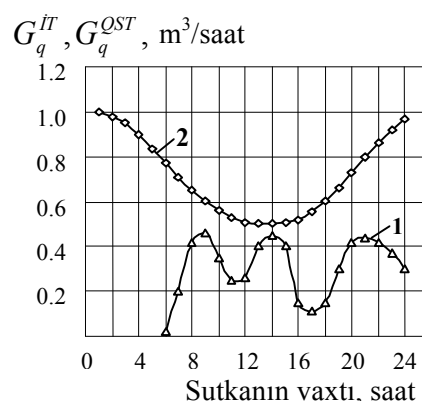
Parametrlər	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$E_{\text{üm}}^{\text{ay}}$, kVt·saat	3649	3071	2700	1581	760	608	547	547	645	730	2311	3284
$E_{\text{üm}}^{\text{sut}}$, kVt·saat	117,7	109,7	87,1	52,7	24,5	20,3	17,6	17,6	21,5	23,5	77,0	105,9
P , kVt	4,90	4,57	3,62	2,20	1,02	0,85	0,73	0,73	0,90	0,98	3,21	4,39

EM-nin Cədvəl 2-də göstərilən qiymətlərinə evin ətraf mühitlə əlaqəli olan divarlarından, pəncərələrindən və qapısından baş verən II-ri, həmçinin də qaynar su üçün çənin divarlarından və tüstü borusundan baş verən II-ri də daxildir.

Əlavə təcrübələr nəticəsində eksperimental evin istiliyə və qaynar suya olan tələbatlarını təmin etmək məqsədilə istifadə olunan qaz məsrəflərinin sutka ərzində dəyişməsinin gedişi təyin olunmuş və müvafiq qrafiklər qurulmuşdur, hansılar ki, Şəkil 1-də təsvir olunmuşlar. Şəkil 1-də 1 əyrisi QST, 2 əyrisi isə İT üçün istifadə olunan qaz məsrəfinə aiddir. Görsəndiyi kimi sutkanın gecə saatlarında bəzi qaz işlədicilərinin söndürülməsinə baxmayaraq, ümumi qaz məsrəfi nəinki azalmır, əksinə artır. Bu onunla izah olunur ki, gündüzlə müqayisədə gecələr ətraf mühitin, yəni havanın temperaturu xeyli dərəcədə aşağı düşür ki, bu da həm II-nin, həm də İT üçün lazım gələn EM-nin artmasına səbəb olur. Nəticə etibarilə ümumi qaz məsrəfi də artır ki, bu da prosesin istilik balansına mənfi təsir göstərir. Bu cür hallar əsasən qış aylarında müşahidə olunur, nə vaxt ki, surka ərzindəki orta temperatur yay aylarındakına nisbətən aşağı, temperaturun sutka ərzindəki amplitud dəyişmələri isə daha böyük olur.

Şəkil 1-dən görsəndiyi kimi, günorta saatlarında yanacaq məsrəfi demək olar ki, iki dəfəyə qədər azalır və $0,5 \text{ m}^3/\text{saat}$ təşkil edir. İT üçün lazım gələn İY ilə müqayisədə QST üçün lazım gələn İY sutka ərzində bir qədər fərqli (müxtəlif vaxtlarda ekstremal qiymətlər almaqla periodik) şəkildə dəyişir. Gecə saatlarında saat 24^{00} -dən saat 05^{30} -a qədər qaz məsrəfi sıfıra bərabərdir. Saat 8^{00} - 10^{00} arası, 14^{00} -də və 21^{00} -də maksimal (uyğun olaraq $0,46$; $0,45$ və $0,44 \text{ m}^3/\text{saat}$), 11^{00} və 17^{00} -də isə minimal (uyğun olaraq, $0,25$ və $0,11 \text{ m}^3/\text{saat}$) qiymətlər alır.

Cədvəl 2-dən İT və QST üçün ayrı-ayrılıqda lazım gələn EM-nin orta illik qiymətlərini təyin edərək, həmin kəmiyyətlərin nisbətlərini tapa və beləliklə də, İT üçün lazım gələn İY-nün QST üçün lazım gələn İY-dən neçə dəfə çox olduğunu müəyyən edə bilərik. Məsələn, Cədvəl 2-də ancaq QST üçün lazım gələn EM-nin orta aylıq qiyməti (qab yumaq üçün istifadə olunan qaynar su da nəzərə alınmaqla) $640 \text{ kVt} \cdot \text{saat}$ təşkil edir. İT üçün lazım gələn EM-nin orta aylıq qiyməti isə (noyabr- aprel ayları üzrə) $2766 \text{ kVt} \cdot \text{saat}$ təşkil edir. Onda həmin kəmiyyətlərin nisbəti $2766/640 = 4,32$ alınır. Əgər bu nisbəti EM-nin QST üçün iyul və avqust aylarında müşahidə olunan minimal ($547 \text{ kVt} \cdot \text{saat}$) və İT üçün yanvar ayında müşahidə olunan maksimal ($3649 \text{ kVt} \cdot \text{saat}$) qiymətlərinə əsasən təyin etsək, onda alırıq: $3649/547 = 6,7$. Beləliklə, apardığımız hesablamalar göstərir ki, İT üçün lazım gələn EM-nin qiyməti QST üçün lazım gəldiyindən orta hesabla ~ 5 dəfə çoxdur. Alınan bu nəticə ədəbiyyatdan bəlli olan nəticələrlə üst-üstə düşür [4,5,8].



Şəkil 1. Eksperimental evdə İT (G_q^{IT}) və QST (G_q^{QST}) məqsədilə istifadə olunan qaz məsrəfinin sutka ərzində dəyişmə əyriləri: (1 əyrisi İT üçün, 2 əyrisi QST üçün)

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, ümumi İY ancaq İT və QST üçün lazım gələn İY-nin cəmindən ibarət deyildir və sadələşdirilmiş şəkildə aşağıdakı tənlikdən təyin oluna bilər [4]:

$$Q_{İY} = Q_{fayd} + Q_{İİ}, \quad (2)$$

harada: $Q_{İY}$ - ümumi istilik yükü (aylıq və ya illik), kVt·saat; Q_{fayd} - istilik enerjisinin İT və QST üçün sərf olunan faydalı hissəsi, kVt·saat; $Q_{İİ}$ - ümumi İİ, hansı ki, aşağıdakı ifadədən təyin olunur:

$$Q_{İİ} = Q_{Kİİ} + Q_{İİ}^{QSK} + Q_{vent}, \quad (3)$$

harada: $Q_{Kİİ}$ - qapı, pəncərə və divarlardan olan konvektiv İİ-ri; $Q_{İİ}^{QSK}$ - qaynar su kolonkasının divarlarından və tüstü bacasından olan İİ-ri; Q_{vent} - ventilyasiya (otaqların havasının dəyişdirilməsi), həmçinin evin çöl qapısının açılıb bağlanması ilə əlaqədar olan İİ-ri.

Göründüyü kimi İİ-nin həm ayrı-ayrı komponentlərinin, həm də onun ümumi qiymətinin (3) düsturuna əsasən təyin edilməsi olduqca mürəkkəb prosesdir. Doğrudur, ədəbiyyatda böyük yaşayış massivləri üçün Moskva şəhərinin təmsalında bu cür hesablamalar aparılmışdır. Lakin bu zaman hesablama üçün lazım gələn statistik parametrlər ətraf mühitin temperaturunun -35°C qiyməti üçün verilmişdir [4]. Bakı şəhərinin klimatik şəraiti üçün isə bu cür statistik parametrlər bəlli deyildir. Aproximasiya yolu ilə bu statistik parametrləri təyin etmək olar, lakin bu olsun ki, bir qədər böyük xətalara gətirib çıxara bilər. Bunları nəzərə alaraq, hazırkı işdə əvvəlcə QST zamanı yaranan İİ-ni (xörək bişirmək, xörək qızdırmaq, çay qaynatmaq və s. üçün sərf olunan əlavə EM-ni də nəzərə almaqla) və İT üçün lazım gələn İY-nin qiymətini təyin etmək, sonra isə dərəcə-gün üsulunu tətbiq etməklə İT zamanı yarana bilən İİ-ni tapmaq məqsəduyğun sayılmışdır.

Beləliklə, dərəcə-gün üsulu ilə İİ-nin müxtəlif aylar üçün orta sutkalıq qiymətlərini müəyyən etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilmişdir [8]:

$$(US)_{sut} = \frac{Q_{İY}^{ay}}{D_{d-gün}}, \quad (4)$$

harada: S - isidilən otaqların ətraf mühitlə əlaqəli olan divarlarının səthlərinin ümumi sahəsi, m^2 (hazırkı halda $S = 60 \text{ m}^2$ və yan divarların qalan hissələri qonşu sakinlərin mənzillərinin divarları ilə ortaq olduğundan bu divarlardan İİ-ri baş vermir); U - İT prosesi zamanı ümumi İİ əmsalı, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{S})$; $Q_{İY}^{ay}$ - ümumi İY-nin aylıq qiyməti, kVt·saat/ay; $D_{d-gün}$ - ay ərzindəki dərəcə-günlərin ümumi sayı.

İİ-nin aylıq və saatlıq qiymətlərini və ümumi İİ əmsalının qiymətini taparkən, həmçinin də cədvəldə işarələmələr apararkən asan olmaq nəminə biz US hasilini daha sonra χ ilə işarə etmişik.

(4) düsturuna əsasən hesabın aparılma bilməsi üçün ən öncəsi Cədvəl 2 -də göstərilən bütün kəmiyyətləri nəzərə almaqla dərəcə-günlərin aylıq miqdarlarını müəyyən edilmişdir. Bu məqsədlə aşağıdakı düsturdan istifadə olunmuşdur:

$$D_{d-gün} = N(t_{ot}^{\min} - t_h), \quad (5)$$

harada: N - bir aydakı günlərin sayı, gün; $t_{ot}^{\min}$ - qızdırılan otaq üçün seçilmiş minimal temperatur, hansının ki, məhz kənar istilik mənbəyi (hazırkı halda YGK və KEM) vasitəsilə təmin etmək lazım gəlir, $^{\circ}\text{S}$; t_h - ətraf mühitin, yəni bayırdakı havanın temperaturu, $^{\circ}\text{S}$.

Bu hesablamaları apararkən qızdırılan otaqlar üçün əvvəllər ədəbiyyatdan bəlli olan və daha optimal sayılan temperatur rejimi seçilmiş və həmin temperaturun minimal qiyməti $18,3^{\circ}\text{S}$ qəbul edilmişdir, hansı ki, otağın içərisində maksimal temperaturun $22-23^{\circ}\text{S}$ səviyyəsində saxlanılmasına imkan verir [8]. Maksimal temperaturun qiyməti sakinlərin istilik

mənbəyi rolunu oynayan hansı növ əlavə işlədiciyə istifadə etməsindən, həmçinin də evin otaqlarının arxitektura quruluşundan, yəni onların gündüz saatlarında günəş şüaları vasitəsilə nə dərəcədə işıqlanmasından və təbii yolla nə qədər qızmasından asılıdır. Tədqiqatlardan bəlli olur ki, temperaturun maksimal və minimal qiymətləri arasındakı fərq əksərən digər işlədiciyə vasitəsilə təmin olunur.

Ətraf mühitin (havanın) temperaturu isə ilin fəsillərindən və günün vaxtından asılı olaraq geniş intervalda dəyişir. Otağın daxili hissəsindəki temperaturun qiyməti sabit qəbul olunduğundan, deməli (5) tənliyində eyni kənar şərtlər daxilində dərəcə-günün aylıq (və ya dərəcə-saatın sutkalıq) qiymətlərinə təsir göstərən əsas parametrlər ətraf mühitin temperaturudur. Bunu nəzərə alaraq, çoxillik ölçmələrdən alınan nəticələrdən istifadə etməklə Bakı şəhərinin klimatik şəraiti üçün minimal, orta və maksimal olmaqla üç temperatur rejimi üçün havanın orta aylıq temperaturu müəyyən edilmişdir [12], hansılar ki, Cədvəl 3-də verilmişlər.

Cədvəl 3.

Minimal, orta və maksimal temperatur rejimləri üçün Bakı şəhərində havanın çoxillik müşahidələr əsasında təyin olunmuş orta aylıq temperaturları

Parametrlər	Aylar											
	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_h^{\min}, ^\circ\text{S}$	-2,0	-3,0	0	5,0	11,0	16,5	18,5	18,8	15,5	12,5	6,0	1,0
$t_h^{\text{or}}, ^\circ\text{S}$	4,5	4,3	8,0	13,5	20,5	25,5	28,0	27,8	24,5	19,8	9,5	6,0
$t_h^{\text{maks}}, ^\circ\text{S}$	11,0	11,5	16,5	23,3	30,0	35,0	38,0	38,0	34,9	29,0	21,8	14,0

Cədvəl 3-dən göründüyü kimi, dekabr ayı üçün temperaturun orta aylıq qiyməti $6,0^\circ\text{S}$ təşkil edir. Lakin, praktiki olaraq həmin ayda temperaturun sutkalıq qiyməti geniş intervalda dəyişir və əksər hallarda gecə saatlarında havanın temperaturu sıfır dərəcədən aşağı düşür, gündüz saatlarında isə müsbət $10-12^\circ\text{S}$ təşkil edir. Odur ki, ay ərzindəki dərəcə-günlər üçün hesablamalar nəticəsində orta qiymətlər tapılsa da, sutka ərzindəki dərəcə-saatlar sutkanın vaxtından asılı olaraq böyük amplitud dəyişikliklərinə məruz qalır ki, bu da nəticə etibarilə İT üçün lazım gələn EM-nin analoji şəkildə dəyişməsinə gətirib çıxarır. Nəticə etibarilə, gündüz saatlarında İİ-nin (Q_{II}) miqdarı azalsa da, ventilyasiya ilə əlaqədar itkilərin (Q_{vent}) miqdarı artır. Gecə saatlarında isə, əksinə.

Eksperimental evin qızdırılması zamanı baş verən ümumi İİ-nin qiymətlərinin daha dəqiq müəyyən oluna bilməsi üçün dərəcə-günlərin aylıq qiymətləri havanın həm minimal, həm də ki, orta temperatur rejimlərinə uyğun gələn orta aylıq temperaturları nəzərə alınmaqla hesablanmışdır. Alınan nəticələr Cədvəl 4-də verilmişdir. Cədvəldən görsəndiyi kimi, minimal temperatur rejimi üçün ancaq iyul və avqust aylarında $t_{ot}^{\min} < t_h$ şərti ödənilir və dərəcə-günlərin qiyməti sıfıra bərabər olur. Buradan belə çıxır ki, iyul və avqust aylarından başqa ilin qalan bütün aylarında havanın temperaturu otaqların içərisində saxlanması lazım gələn minimal temperaturdan ($18,3^\circ\text{S}$) aşağı olduğundan, həmin aylarda eksperimental evin qızdırılması lazım gəlir. Əlbəttə ki, Bakı şəhərinin klimatik şəraiti üçün bu cür hal xarakterik deyildir və bu temperatur rejimi hesablama üçün qəbul edilə bilməz. Odur ki, dərəcə-gün üsulu üzrə hesab aparılarkən tərəfimizdən ancaq temperaturun t_h^{or} qiymətləri nəzərə alınmışdır. Bu zaman Bakı şəhəri üçün evlərin isidilmə mövsümü noyabr-aprel ayları arasındakı müddət, yəni fasiləsiz altı ay təşkil edir.

İndi isə Cədvəl 2, Cədvəl 3 və Cədvəl 4-də verilən parametrləri nəzərə almaqla, həmçinin (4) və (5) düsturlarından istifadə etməklə İİ-ni, daha sonra isə İT və QST üçün istifadə olunan səmərəli EM-nin ayrı-ayrılıqda və ümumilikdə qiymətlərini tapmaq olar.

Bakı şəhərində müşahidə olunan minimal və orta temperatur rejimləri üçün müəyyən edilmiş dərəcə-günlərin aylıq qiymətləri

Parametrlər	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
D_{maks} , dər-gün	629,3	596,5	567,3	399,0	226,3	54,0	0	0	84,0	179,8	369,0	536,3
D_{orta} , dər-gün	427,8	393,4	319,3	144,0	0	0	0	0	0	0	264,0	381,3

Cədvəl 1, Cədvəl 2 və Cədvəl 4-dən görünür ki, may-sentyabr ayları ərzindəki EM ancaq QST məqsədilə istifadə olunur və bu zaman İT üçün İY-nün qiyməti sıfıra bərabər olur. İlin qalan aylarında isə Cədvəl 1-də qeyd olunan qaz məsrəfləri həm İT, həm də QST üçün istifadə olunur. Bunu nəzərə alaraq, sadəlik naminə əvvəlcə QST üçün lazım gələn sutkalıq və aylıq EM-ni, həmçinin də İY-nü və İİ-ni təyin edirik.

QST üçün lazım gələn EM-ri daha əvvəllər Bakı şəhəri və onun ətrafında yerləşən və 5 nəfər ailə üzvü olan kənd evləri üçün təyin edilmişdir [13]. Lakin bu zaman həm soyuq, həm də qaynar suyun temperaturu ilin bütün ayları üçün sabit götürülmüşdür, halbuki, bu temperaturların hər ikisi mövsümdən asılı olaraq dəyişir. Həm də, soyuq suyun temperaturu bizdən asılı olmadan dəyişir, qaynar suyun temperaturu üçün isə optimal qiymət bizim tərəfimizdən seçilir. Beləliklə, hazırki halda QST üçün olan İY-nün miqdarının daha dəqiq təyin oluna bilməsi üçün soyuq suyun temperaturu qış, yaz-payız və yay mövsümləri üçün, uyğun olaraq $t_{s.s.}^{qu} = 12^{\circ}\text{S}$, $t_{s.s.}^{y-p} = 15^{\circ}\text{S}$ və $t_{s.s.}^{yay} = 20^{\circ}\text{S}$, qaynar suyun temperaturu isə $t_{q.s.}^{qu} = 60^{\circ}\text{S}$, $t_{q.s.}^{y-p} = 55^{\circ}\text{S}$ və $t_{q.s.}^{yay} = 50^{\circ}\text{S}$ seçilmişdir. QST üçün lazım gələn EM-nin (İY-nün) sutkalıq (həmçinin aylıq) qiymətlərini təyin etmək üçün aşağıdakı tənlikdən istifadə olunmuşdur:

$$Q_{İY}^{QST} = a G_p \rho N m (t_{q.s.} - t_{s.s.}), \quad (5)$$

harada: a - adambaşına düşən sutkalıq qaynar su norması, L/sut (hazırki halda $a = 80$ L/sut); G_p - suyun nisbi izobar istilik tutumu, Vt/(kq $^{\circ}\text{S}$); ρ - suyun sıxlığı, kq/L ($\rho = 1$ kq/L); m - evdə yaşayan sakinlərin sayı, nəfər ($m = 5$); N - hesabın aparıldığı dövr ərzindəki günlərin sayı (sutkalıq hesab üçün $N = 1$).

(5) düsturunda G_p soyuq suyun temperaturundan asılı olaraq fərqli qiymətlər alır və həmin temperaturun $t_{s.s.}^{qu} = 12^{\circ}\text{S}$, $t_{s.s.}^{y-p} = 15^{\circ}\text{S}$ və $t_{s.s.}^{yay} = 20^{\circ}\text{S}$ qiymətləri üçün, uyğun olaraq $G_p = 1,0007$, $G_p = 0,9998$ və $G_p = 0,9992$ Vt/(kq $^{\circ}\text{S}$) təşkil edir.

Məlum olduğu kimi, şəxsi evlərdə aylıq qaz məsrəfinin bir hissəsi əlavə məqsədlər üçün sərf olunur, hansılara ki, xörək bişirilməsi, çay qaynadılması və dəmlənməsi, həmçinin də xörək və çay qızdırılması məqsədilə istifadə olunan qaz sərfiyyatı aiddir.

Eksperimental evdə bu məqsədlər üçün istifadə olunan qaz sərfiyyatı ayrı-ayrılıqda nəzərə alınmış və müəyyən edilmişdir ki, bu məqsədlərlə istifadə olunan qaz məsrəfinin bir saatlıq miqdarı orta hesabla $g = 0,162$ m³/saat təşkil edir. Bu zaman, çay qaynatmaq, dəmləmək və qızdırmaq proseslərinin ümumi sutkalıq müddəti 1,67 saat, (hər prosesin müddəti 10 dəqiqə olmaqla onların ümumi sayı sutkada 10 dəfə), xörək bişirmək prosesinin sutkalıq müddəti 2 saat, xörək qızdırmaq prosesinin ümumi sutkalıq müddəti isə 0,5 saat (hər prosesin müddəti 10 dəqiqə olmaqla gündə 3 dəfə) təşkil edir. Beləliklə də, əlavə məqsədlər üçün sərf olunan ümumi sutkalıq qaz sərfiyyatı $G_{çay} = 0,23$ m³, o cümlədən xörək bişirmək və qızdırmaq üçün olan qaz sərfiyyatları, uyğun olaraq $G_{xör}^{biş} = 0,324$ m³ və $G_{xör}^{qu} = 0,081$ m³, ümumi sutkalıq qaz sərfiyyatı isə $G_{üm}^{El} = 0,675$ m³ təşkil edir. Bu göstəricilər nəzərə alınmaqla

əlavə məqsədlər üçün istifadə olunan qaz sərfiyyatı (G_{ay}^{El}) və EM-nin aylıq qiymətləri (Q_{ay}^{El}) müəyyən olunmuşdur, hansılar ki, Cədvəl 5 -də verilmişlər.

Daha sonra Cədvəl 2-dən istifadə etməklə may-sentyabr ayları üçün QST zamanı yaranan İİ-nin qiymətləri bilavasitə təyin olunmuş, digər aylar üçün isə İİ-nin qiymətləri, həm ayın günlərinin sayı, həm də havanın və soyuq suyun orta aylıq temperaturuları nəzərə alınmaqla müəyyən edilmiş düzəliş əmsallarından istifadə etməklə təyin olunmuşdur. Beləliklə də, iyul və avqust aylarındakı minimal EM və İİ-ni nəzərə almaqla, ilin digər ayları üçün də QST məqsədilə lazım gələn EM-nin sutkalıq (Q_{sut}^{QST}) və aylıq (Q_{ay}^{QST}) qiymətləri, həmçinin də İİ-nin (χ_{ay}^{QST}) aylıq miqdarları tapılmışdır.

Cədvəl 5

Qaz sayğacının göstəricilərinə əsasən təyin olunmuş ümumi EM, həmçinin də İT, QST və digər məqsədlər üçün lazım gələn əlavə istilik enerjisi sərfiyyatları nəzərə alınmaqla aparılmış hesablamalardan alınan nəticələr

Parametrlər	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{ay}^{QST} , kVt·saat	595,2	537,6	496,0	480,0	496,0	384,0	372,0	372,0	384,0	443,6	480,0	595,2
Q_{sut}^{QST} , kVt·saat	19,1	19,2	16,0	16,0	16,0	12,8	12,0	12,0	12,8	14,3	16,0	19,2
Q_{ay}^{El} , kVt·saat	127,3	114,9	127,3	123,2	127,3	123,2	127,3	127,3	123,2	127,3	123,2	127,3
Q_{ay}^{QST+El} , kVt·saat	722,5	625,2	623,3	603,2	623,3	507,2	499,3	499,3	507,2	570,9	603,2	722,5
χ_{ay}^{QST} , kVt/(m ² ·°S)	289,2	263,1	245,9	172,6	136,7	100,8	47,7	47,7	137,8	159,1	220,0	270,4
χ_{sut}^{QST} , kVt/(m ² ·°S)	9,33	9,4	7,93	5,75	4,41	3,36	1,54	1,54	4,59	5,13	7,33	8,72
$Q_{ay}^{QST+El+İİ}$, kVt·saat	1012	888	869	776	760	608	547	547	645	730	823	993
$Q_{sut}^{QST+El+İİ}$, kVt·saat	32,9	31,7	28,0	25,9	24,5	20,2	17,6	17,6	21,5	23,5	27,4	32,0
$Q_{ay}^{İT}$, kVt·saat	2637	2183	1831	805	0	0	0	0	0	0	1488	2291
$Q_{sut}^{İT}$, kVt·saat	85,1	78,0	59,1	26,8	0	0	0	0	0	0	49,6	73,9
$\chi_{ay}^{İT}$, kVt/(m ² ·°S)	191,0	155,4	177,6	167,7	0	0	0	0	0	0	169,2	186,3
$\chi_{sut}^{İT}$, kVt/(m ² ·°S)	6,16	5,55	5,73	5,59	0	0	0	0	0	0	5,64	6,0
$\chi_{saat}^{İT}$, Vt/(m ² ·°S)	257	231	239	233	0	0	0	0	0	0	235	250
$U_{İT}$, Vt/(m ² ·°S)	4,3	3,9	4,0	3,9	0	0	0	0	0	0	3,9	4,2
$\chi_{ay}^{üm}$, kVt/(m ² ·°S)	541	494	485	406	137	101	48	48	138	159	455	520
$\chi_{sut}^{üm}$, kVt/(m ² ·°S)	17,45	17,64	15,65	13,53	4,42	3,37	1,55	1,55	4,60	5,13	15,17	16,77
$Q_{fayd}^{İT}$, kVt·saat	2446	2028	1653	637	0	0	0	0	0	0	1319	2105
$Q_{fayd}^{üm}$, kVt·saat	3108	2577	2215	1175	623	507	499	499	507	571	1856	2765
f_{QST} , nisbi vahid	0,59	0,61	0,57	0,62	0,65	0,63	0,68	0,68	0,60	0,61	0,58	0,60
$f_{İT}$, nisbi vahid	0,93	0,93	0,90	0,79	0	0	0	0	0	0	0,89	0,92
$f_{üm}$, nisbi vahid	0,85	0,84	0,82	0,74	0,82	0,83	0,91	0,91	0,79	0,78	0,8	0,84

Bütün yuxarıda qeyd olunan energetik parametrlər təyin olunduqdan sonra, QST və digər məqsədlərlə (xörək bişirmək, çay qaynatmaq və s.) istifadə olunan ümumi EM-nin aylıq qiymətləri müəyyən edilmişdir. Bu məqsədlə aşağıdakı düsturdan istifadə olunmuşdur:

$$Q_{üm}^{QST+El+İİ} = Q_{ay}^{QST} + Q_{ay}^{El} + \chi_{ay}^{QST}, \quad (6)$$

Cədvəl 2-də göstərilən ümumi enerji balansında İT-nin payına düşən EM-nin sutkalıq və aylıq qiymətləri isə aşağıdakı ifadədən təyin olunmuşdur:

$$Q_{ay}^{IT} = E_{üm}^{ay} - Q_{ay}^{QST+El+İİ}; \quad Q_{sut}^{IT} = Q_{ay}^{IT} / N, \quad (7)$$

Nəhayət, İT üçün lazım gələn İY-nün (EM-nin) sutkalıq və aylıq qiymətlərini bildikdən sonra (4) və (5) düsturlarından istifadə etməklə İT zamanı yaranan İİ-nin həm aylıq, həm də sutkalıq qiymətləri müəyyən olunmuşdur.

Aşağıda yanvar ayının təmsalında aparılmış hesablamalardan alınan nəticələri veririk.

Cədvəl (5) -dən yanvar ayı üçün $Q_{ay}^{İY} = 2637$ kVt·saat, Cədvəl 4-dən isə $D_{orta} = 427,8$ dər-gün olduğunu nəzərə alaraq, (4) düsturundan İİ-nin sutkalıq qiyməti üçün $\chi_{sut}^{IT} = 2637/427,8 = 6,16$ kVt/(m²·⁰S) təyin edirik. Sonra isə alınan kəmiyyəti ayın günlərinin sayına (yanvar üçün $N = 31$) vuraraq aylıq və 24-ə bölərək saatlıq İİ-nin miqdarını təyin edirik, hansılar ki, müvafiq olaraq $\chi_{ay}^{IT} = 6,16 \times 31 = 191$ kVt/(m²·⁰S) və $\chi_{saat}^{IT} = 6,16 \times 10^3 / 24 = 257$ Vt/(m²·⁰S) təşkil edir. Nəhayət, sonuncu kəmiyyəti otaqların ətraf mühitlə əlaqəli olan divarlarının səthlərinin ümumi sahəsinə bölməklə ümumi İİ əmsalının $U_{IT} = \chi_{saat}^{IT} / S = 257/60 = 4,3$ Vt/(m²·⁰S) olduğunu təyin edirik.

İstilik təchizatı mövsümünə aid olan digər aylar üçün də hesablar eyni qayda üzrə aparılmış və alınan nəticələr Cədvəl 5-də verilmişdir.

Sonda İT və QST zamanı yaranan ümumi İİ-nin aylıq ($\chi_{ay}^{üm}$) və sutkalıq ($\chi_{sut}^{üm}$) qiymətləri, həmçinin də ümumi EM-nin ayrılıqda İT (Q_{fayd}^{IT}) və ümumilikdə İT və QST ($Q_{fayd}^{üm}$) üçün istifadə olunan faydalı miqdarları təyin edilmişdir.

Hesablamalar zamanı həmçinin İT və QST üçün ayrı-ayrılıqda və ümumilikdə sərf olunan EM-nin faydalı istifadə əmsalları (uyğun olaraq, f_{IT} , f_{QST} və $f_{üm}$) müəyyən edilmişdir. Alınan nəticələri analiz etdikdə ilk baxışdan bir qədər anormalıq olduğu kimi görsənir. Yəni İT prosesində qış aylarında f_{IT} daha böyük qiymət alır, nəinki yaz aylarında. Bu əslində Bakı şəhərinin klimatik şəraiti üçün belə də olmalıdır və onunla izah olunur ki, məhz mart ayında Bakı şəhərində küləyin orta aylıq sürəti digər aylarla müqayisədə maksimal qiymət alır və 7,3 m/s təşkil edir. Qlobal iqlim dəyişiklikləri ilə əlaqədar, son illər ərzində aprel ayında da qış ayları ilə müqayisədə küləyin orta aylıq sürəti xeyli böyükdür [14]. Bəlli olduğu kimi, İİ küləyin sürətindən daha kəskin asılıdır, nəinki ətraf mühitin temperaturundan [4,5]. QST-na gəldikdə isə, bu halda soyuq və isti suyun temperaturları da f_{QST} -in ədədi qiymətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Lakin bu əmsallar müəyyən edilərkən, istilik enerjisi mənbəyi kimi ancaq qaz işlədicilərindən istifadə olunması nəzərə alınmışdır. Bu məqsədlə YGK-dan və ya KEM-dən istifadə etdikdə isə həmin enerji mənbələrinin məxsusi f.i.ə.-ni, ondan başqa YGK-da baş verən İİ-ni də nəzərə almaq lazımdır.

Alınan nəticələr

1. Eksperimental evdə 2012-ci il ərzində qaz sayğacının aylıq göstəricilərinə əsasən müəyyən edilmiş qaz sərfiyyatına əsasən təyin edilmiş ümumi EM-ni analiz etdikdə belə nəticəyə gəlmək olur ki, Bakı şəhərinin klimatik şəraitində ancaq oktyabr-may ayları ərzində isitmə mövsümü olduğundan İT üçün EM-ri məhz həmin mövsümdə müşahidə olunur. Bu zaman İY-nün maksimal qiyməti (2637 kVt·saat) yanvar, minimal qiyməti (805 kVt·saat) isə aprel ayında müşahidə olunur. İlin qalan aylarında isə İT üçün İY-nün qiyməti sıfıra bərabərdir.

2. QST üçün lazım gələn İY-nün aylıq qiymətləri müəyyən edilmiş və bu zaman qış, yaz-payız və yay mövsümləri üçün soyuq və qaynar suyun temperaturları, uyğun olaraq $t_{s.s.}^{qu}$

$12\text{ }^0\text{S}$, $t_{s.s.}^{y-p} = 15\text{ }^0\text{S}$, $t_{s.s.}^{yay} = 20\text{ }^0\text{S}$ və $t_{q.s.}^{qu} = 60\text{ }^0\text{S}$, $t_{q.s.}^{y-p} = 55\text{ }^0\text{S}$ və $t_{q.s.}^{yay} = 50\text{ }^0\text{S}$ götürülmüşdür, hansılar ki, Bakı şəraiti üçün daha optimal sayıla bilər.

3. QST üçün lazım gələn EM-nin və bu zaman yaranan İİ-nin qiymətlərini dəqiq təyin etmək məqsədilə əvvəlcə xörək bişirilməsi və qızdırılması, həmçinin çay qaynadılması, dəmlənməsi və qızdırılması üçün istifadə olunan sutkalıq və aylıq qaz və enerji məsrəfləri müəyyən edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, fevral ayı üçün həmin məsrəflər 114,9 kVt·saat, 30 günlük aylar üçün 123,2 kVt·saat, 31 günlük aylar üçün isə 127,3 kVt·saat təşkil edir. Daha sonra QST və əlavə məqsədlər üçün istifadə olunan EM-nin sutkalıq və aylıq miqdarları Q_{ay}^{QST+EI} müəyyən olunmuşdur.

4. Sayğacın göstəricilərinə əsasən müəyyən olunmuş EM-dən QST və əlavə məqsədlər üçün lazım gələn İY-ni çıxmaqla bu zaman yaranan İİ-nin sutkalıq χ_{sut}^{QST} və aylıq χ_{ay}^{QST} qiymətləri təyin olunmuşdur. QST zamanı qış və erkən yaz mövsümündə olan İİ-ni təyin etmək üçün həm havanın aylıq temperaturunu, həm də soyuq suyun mövsümi temperaturunu nəzərə almaqla tapılmış düzəliş əmsallarından istifadə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, hazırkı halda QST üçün olan EM-nin qiyməti İT üçün olan EM-dən 4-5 dəfə az olsa da, İİ-nə gəldikdə isə bunu demək olmaz. Belə ki, qış aylarında İT prosesinə nisbətən QST prosesində daha çox İİ müşahidə olunur. Bu isə qış aylarında tüstü burusundan başqa, həm də xeyli miqdarda İİ-nin samovar tipli qaynar su kolonkasının istilik izolyzsiya qatı ilə örtülməmiş səthindən baş verməsi ilə izah olunur.

5. QST və əlavə məqsədlər üçün sərf olunan EM, həmçinin də QST zamanı yaranan İİ bəlli olduqdan sonra İT üçün istifadə olunan ümumi EM, bu zaman yaranan İİ-ri, sonda isə ümumi enerji balansında İT üçün istifadə olunan faydalı EM-nin aylıq miqdarları müəyyən olunmuşdur. Nəhayət həm İT, həm də QST zamanı olan İİ-ni toplamaqla ümumi İİ-nin aylıq miqdarları, sonra isə ümumi enerji balansında hər iki prosesin təmin olunması üçün lazım gələn faydalı EM-nin qiymətləri müəyyən olunmuşdur.

6. İT və QST proseslərinin hər ikisi üçün ayrı-ayrılıqda və birlikdə enerjiden faydalı istifadə əmsalları müəyyən edilmişdir və bu zaman ancaq qaz işlədicilərinin məxsusi parametrləri, həmçinin baş verən müxtəlif növ İİ nəzərə alınmış, hazırkı işin məqsədinə aidiyyəti olmadığından, YGK və KEM-nə aid olan parametrlər, həmçinin YGK-dan baş verən İİ isə nəzərə alınmamışdır.

7. Yekun olaraq bu nəticəyə gəlmək olar ki, Bakı şəhərinin ərazisində yerləşən və 5 nəfər ailə üzvü olan şəxsi mənzilin ilin bütün aylarında istilik və qaynar su ilə təmin oluna bilməsi üçün çıxış gücü 4 kVt olan KEM-dən və kollektorlarının səthlərinin ümumi sahəsi 20 m²-ə qədər olan YGK sistemindən istifadə etmək yetərlidir.

1. Həşimov A.M., Salamov O.M. Alternativ enerji mənbələrinin müqayisəli analizi və hazırda həmin enerji mənbələrindən istifadənin perspektivləri. //Alternativ enerji mənbələrindən istifadənin perspektivləri Respublika konfransı, Bakı, 1-2 iyun 2011, s.8-10.

2. Берковский Б.М., Кузьминов В.А. Возобновляемые источники энергии на службе человека. М: «Наука», 1987, 128 с.

3. Həşimov A.M., Salamov O.M., Salmanova F.Ə., Rzayev P.F. Qaynar su və istilik təminatı məqsədilə alternativ enerji mənbələrindən istifadənin perspektivləri. //Energetikanın problemləri, 2012, №2, s. 70-78.

4. Мамедов И.С. Теплоснабжение района города. Учебное пособие. Баку, 1986, 132 с.

5. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М: «Мир», 1977, 420 с.

6. Саламов О.М., Алиев Ф.Ф. Определение влияния пыли и затенения на оптические и энергетические характеристики солнечного коллектора с двухстекольным прозрачным покрытием. //Проблемы энергетики, 2012, №1, с.77-88.

7. *Abdullayev A.H., Salamov O.M. və s.* Sənaye miqyaslı külək elektrik mühərriklərində paket tipli multiplikatorun tətbiqinin qurğunun iqtisadi və energetik göstəricilərinə təsiri. //Energetikanın problemləri, 2012, №3, s.47-57.

8. *Бекман У., Клейн С., Даффи Дж.* Расчет систем солнечного теплоснабжения. М: Энергоиздат, 1982, 80 с.

9. Энергия окружающей среды и строительное проектирование. Перевод с английского под редакцией д.т.н., проф. В.Н.Богословского.М: Стройиздат, 1983, 136 с.

10. *Məmmədov Q.Ş., Salamov O.M. və s.* Qaynar su və istilik təminatı üçün kombinə olunmuş qurğu. //Azərbaycan Respublikasının patenti, № İ 2011 0002, 11.01.2011, İlkinlik-11.04.2008.

11. *Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е.* Кинетика и механизм газовых реакций. М: Наука, 1974, 558 с.

12. *Məmmədov Q.Ş., Xəlilov M.Y., Məmmədova S.Z.* Azərbaycan respublikasının ekoloji atlası. Bakı Kartografiya Fabriki, Bakı, 2009, 156 s.

13. *Саламов О.М., Аббасова Ф.А., Рзаев П.Ф.* Расчет солнечной водоподогревательной системы для горячего водоснабжения сельской семьи. //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2006, №10 (42), с. 30-36.

14. *Salamov O.M., Mammadov F.F., Samadova U.F.* Prospects of wind energy application in Azerbaijan. // «ISJAEE», 2010, №1 (81), p. 132-144.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ СНАБЖЕНИЯ ЧАСТНЫХ ДОМОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В г. БАКУ, ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ И ТЕПЛОМ ЗА СЧЕТ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ГАШИМОВ А.М., САЛАМОВ О.М., АЛИЕВ Ф.Ф.

В работе поставлена задача определения общей тепловой нагрузки, необходимой для теплоснабжения (ТС) и горячего водоснабжения (ГВС) частных домов, расположенных на территории г. Баку, и тепловые потери (ТП). С этой целью выбран экспериментальный частный дом с количеством постоянных жителей 5 чел. Для возможности определения общего расхода энергии, необходимой для ТС и ГВС, были зарегистрированы ежемесячные показания газового счетчика за 2012 г. ТП, возникающие в процессе ТС, определены методом градусо-дней.

RESEARCH WORK TO SUPPLY PRIVATE HOUSES IN THE CITY OF BAKU WITH HEAT AND HOT WATER ON ACCOUNT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

HASHIMOV A.M., SALAMOV O.M., ALIYEV F.F.

The purpose of this research is to determine necessary general heat demand for heat supply, hot water supply and heat losses for private houses in the territory of Baku. The private house with five (5) residents was chosen as a model to execute this research. The monthly gas metering figures for heat losses in 2012, were registered in order to possible determination of total energy consumption, by degree-day method, that necessary for covering heat supply demand and hot water supply.

UOT 621.317.7; 621-319

PİLLƏVARI İNDUKSION LEVİTATORUN ƏSAS ÖLÇÜLƏRİNİN TƏYİNİ**PİRİYEVA N.M.***Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası**AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20*

Məqalədə pilləvari induksion levitatorun əsas ölçülərini təyin etmək üçün işçi hava aralığının və pilləvari hava aralığının xüsusi maqnit keçiriciliklərinin düsturlarına əsaslanan analitik metod işlənmişdir. Alınan analitik ifadələr pilləvari induksion levitator əsasında qurulan idarə olunan induksion dayağın, dəyişən cərəyan sabitləşdiricisinin, izləyici qurğunun və başqa elektrotexniki avadanlıqların layihə məsələlərini həll etmək üçün istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: pilləvari, induksion levitator, təsirlənmə dolağı, maqnit keçiriciliyi, ölçüsüz əmsallar.

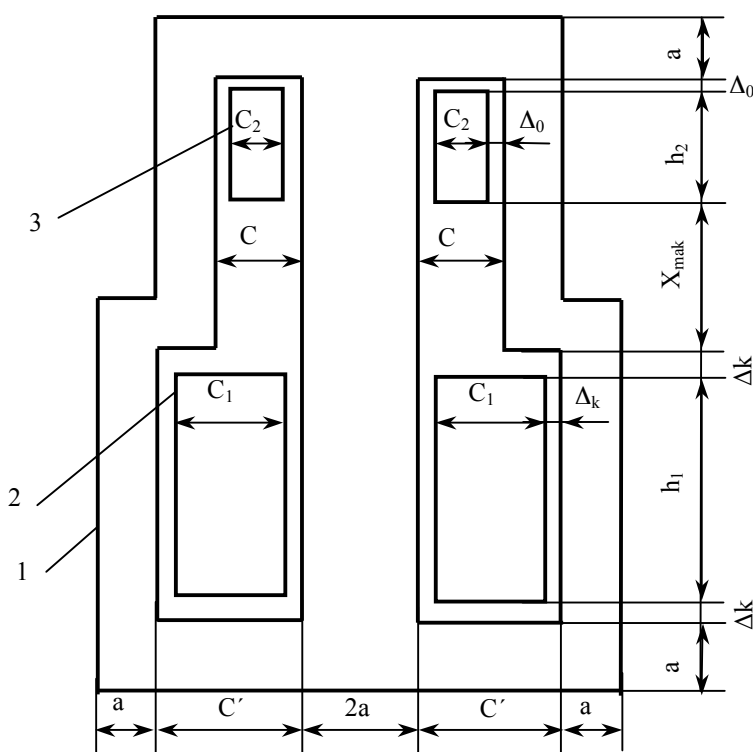
Giriş. Pilləvari induksion levitatoru (şəkil 1) əsasında dəyişən cərəyan sabitləşdiriciləri, izləyici qurğular, idarə olunan dayaqlar və başqa elektrotexniki avadanlıqlar qurulmuşdur [1,2,3].

Sadə konstruksiyaya malik olan induksion levitatoru maqnit nüvəsindən 1, təsirlənmə dolağından (TD) 2 və levitasiya dolağından (LD) 3 ibarətdir. TD dəyişən gərginlik mənbəyinə U_1 qoşulur (bir və çoxseksiyalı ola bilər) və LD qısa qapanır. $U_1 = U_{\max} - U_{\min}$ aralığında dəyişəndə nüvə boyu hərəkət edərək yerini $X_{\max} - X_{\min} = X_i$ qədər dəyişir. LD-nin işçi gedişi X_i gərginliyin dəyişmə diapozonu $\Delta U = U_{\max} - U_{\min}$ ilə düz mütənəsbdir. İL-in layihə tapşırığında verilir: gərginliklərin qiymətləri $U_{\max}$, $U_{\min}$ və U_{nom} işçi gediş X_i , dolaqların temperatur artımları τ_1 və τ_2 , cərəyanların tezliyi ω . Hesablamalarda əsas məqsəd İL-un ölçülərini tapmaqdan ibarətdir. Lakin bu məsələnin həlli kifayət qədər mürəkkəbdir, beləki bir sıra şərtlər yerinə yetirilməlidir:

1. İşçi hava aralığında c maqnit sahəsi bircinsli olmalıdır, yəni ölçülərin nisbətləri $m_a = b/a$ və $m_c = b/c$ müəyyən diapozonlardan kənara çıxmamalıdır [1,2].
2. Təsirlənmə dolağının TD və Levitasiya dolağının LD ölçüləri (h_1, c_1, h_2 və c_2) onların buraxıla bilən temperatur artımlarını təmin etməlidirlər.
3. İşçi hava aralığında yerləşdirilmiş LD elektromexaniki və istilik dayanıqlarına malik olmalıdır. Bu məqsədlə LD ilə nüvənin çubuqları arasındakı hava aralıqları Δ_0 çox az olmalıdır, ölçüsüz kəmiyyətin $n_{e2} = h_2/c_2$ qiyməti isə tələb olunan həddi keçməməlidir.
4. TD-nin uclarındakı gərginliyin dəyişmə diapozonu $\Delta U = U_{\max} - U_{\min}$ LD-nin işçi gedişini $X_i = X_{\max} - X_{\min}$ təmin etməlidir və maqnitlənmə əyrisinin xətti hissəsinə uyğun olmalıdır.
5. İL-un qabarit ölçüləri uyğunluq prinsipinin tələblərini ödəməlidir, yəni bu ölçülərdən birinə qoyulmuş məhdudiyyət yerinə yetirilməlidir.

Bu istiqamətdə aparılmış tədqiqatlardan məlumdur [4]:

Sayılan xüsusiyyətləri nəzərə almaq üçün işçi hava aralığının qalınlığı (C) ilə xüsusi maqnit keçiriciliyi (μ) arasında və həm də, TD-nin yerləşdiyi hava aralığının (C) xüsusi maqnit keçiriciliyi λ_s arasında riyazi əlaqələri araşdırmaq lazımdır.



Səkil 1. Sadə pilləvari induksion levitatorun prinsipial sxemi

Xüsusi maqnit keçiriciliklərinin təyini

Hava aralıqlarının xüsusi maqnit keçiricilikləri λ nüvənin a, b və c ölçülərindən asılıdır[1].

$$\square = 2\square_0 m_c \left[1 + \frac{2.92}{m_c} \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \right] = 2\mu_0 m_c \sigma_b \quad ; \quad (1)$$

$$\square_s = 2\square_0 m_c^\square \left[1 + \frac{2,92}{m_c} \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \right] = 2\mu_0 m_c^\square \cdot \sigma_b^\square ; \quad (2)$$

burada

$$m_a = \frac{b}{a}; \quad m_c = \frac{b}{c}; \quad m_c^\square = \frac{b}{c^\square}; \quad \frac{m_c}{m_c^\square} = \frac{c^\square}{c} \geq 1; \quad (3)$$

$$\sigma_b = 1 + \frac{2.92}{m_c} \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right); \quad \sigma_b^{\square} = 1 + \frac{2.92}{m^{\square}} \lg \left(1 + \frac{\pi}{m_a} \right) \quad ; \quad (4)$$

Cədvəl 1-də λ və σ_h üçün (1) düsturuna əsasən hesablanmış qiymətlər verilmişdir.

Nəzərə alırıq $c_1 > c_2$, belə ki, $c^\square = c_1 + 2\Delta_k$; $c = c_2 + 2\Delta_0$; $\Delta_k \approx \Delta_0 \approx 0,1 \text{ mm}$

Nüvənin pilləvari olduğunu $n_{\square}$ və n_c əmsalları ilə xarakterizə edirik.

$$n_{\square} = \frac{\square}{\square_c} = \frac{m_c}{m_{\square}} \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{\square}} = n_c \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{\square}} ; \quad (5)$$

$$n_c = \frac{m_c}{m_{\square}} = \frac{c_{\square}}{c} ; m_c > m_{\square} ; \quad (6)$$

Tutaq ki, $m_a=2$ və $m_c=5$ verilmişdir, onda cədvəl 1-dən $\lambda=15,566 \cdot 10^{-6}$ Hn/m tapırıq. Nəzərə alsaq $m_{\square} \square m_c$, onda $m_a=2$ və $m_c=4$ qəbul etməklə həmin cədvəldən tapırıq.

Cədvəl 1

İşçi hava aralığının xüsusi maqnit keçiriciliyinin $\lambda \cdot 10^{-6}$ Hn/m və səpələnmə əmsalının σ_b qiymətləri

m_a m_c	2	3	4	5	6	$\frac{\sigma_B}{\lambda}$	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$	Qeydlər
2	1.598	1.454	1.367	1.309	1.267	σ_B	5.024	$\lambda = \lambda_0 + \lambda_B$ $\lambda_0 = 2\mu_0 M_b$ $\lambda_B = 2\mu_0 A_0$ $A_0 = 2,92 \lg(1 + \frac{\pi}{m_a})$ $\sigma_B = \frac{\lambda}{\lambda_0}$
	8.030	7.305	6.870	6.576	6.365	λ		
3	1.399	1.303	1.245	1.206	1.178	σ_B	7.536	
	10.543	9.817	9.382	9.090	8.877	λ		
4	1.299	1.227	1.184	1.155	1.133	σ_B	10.048	
	13.055	12.329	11.893	11.600	11.388	λ		
5	1.239	1.182	1.147	1.124	1.107	σ_B	12.56	
	15.566	14.841	14.406	14.112	13.901	λ		
6	1.2	1.151	1.122	1.103	1.089	σ_B	15.072	
	18.078	17.353	16.917	16.624	16.413	λ		

$\lambda_s = 13,055 \cdot 10^{-6}$ Hn/m. Beləliklə n_c və $n_{\square}$ əmsalları üçün alırıq.

$$n_c = \frac{m_c}{m_{\square}} = \frac{5}{4} = 1,25; n_{\square} = \frac{\square}{\square_s} = \frac{15,566}{13,055} = 1,192$$

Cədvəl 2-də n_c -nin müxtəlif qiymətləri üçün $n_{\square}$ əmsalın qiymətləri verilmişdir.

Ölçüsüz əmsalların qiymətləri $n_{\square}$ və n_c İL-un ölçülərinin tapılmasında istifadə olunur.

Nüvənin ölçülərinin işçi hava aralığı arasındakı analitik asılıqlar

Bir cinsli maqnit sahəsinin yaranma şərtlərindən biri hava aralığının qalınlığını c mümkün qədər azaltmaqdan ibarətdir. Bu işə LD-nin qalınlığının c_2 azalmasına və hündürlüyünün h_2 artmasına səbəb olur. Nüvə çubuqlarının ölçülərinin (a və b) və en kəsik sahəsinin S_c işçi hava aralığından c asılılıqlarını təyin edək:

$$S_c = 2ab = 2c^2 \frac{m_c^2}{m_a} = k_3 c^2 \quad (7)$$

$$\frac{m_a}{m_c} = \frac{c}{a} ; a = c \frac{m_c}{m_a} = k_a c ; b = m_c c \quad (8)$$

Burada qəbul olunmuşdur

$$k_3 = 2 \frac{m_c^2}{m_a} ; k_a = \frac{m_c}{m_a} \quad (9)$$

Cədvəl 3-də k_3 və k_a əmsallarının qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 2

Ölçüsüz n_c və n_k əmsalların qiymətləri

$\frac{m_c}{m_c^0}$	n_c	$m_a = 2$		$m_a = 3$		$m_a = 4$		$m_a = 5$		$m_a = 6$	
		$n_{\square}$	$\square_B^0/\sigma_B$	$n_{\square}$	$\square_B^0/\sigma_B$	$n_{\square}$	$\square_B^0/\sigma_B$	$n_{\square}$	$\square_B^0/\sigma_B$	$n_{\square}$	$\square_B^0/\sigma_B$
6/5	1,20	1,161	1,142	1,767	1,132	1,174	1,022	1,178	1,019	1,181	1,016
5/4	1,25	1,192	1,048	1,204	1,038	1,211	1,032	1,216	1,027	1,220	1,023
4/3	1,333	1,238	1,077	1,255	1,062	1,267	1,052	1,276	1,044	1,283	1,038
3/2	1,5	1,319	1,142	1,344	1,115	1,365	1,098	1,382	1,085	1,395	1,075
6/4	1,5	1,384	1,082	1,407	1,066	1,422	1,055	1,433	1,047	1,441	1,040
5/3	1,666	1,476	1,129	1,511	1,102	1,535	1,085	1,552	1,073	1,566	1,064
4/2	2	1,687	1,230	1,687	1,185	1,731	1,154	1,764	1,133	1,789	1,118
6/3	2	1,714	1,166	1,767	1,132	1,803	1,110	1,829	1,093	1,849	1,082
5/2	2,5	1,938	1,291	2,031	1,230	2,097	1,192	2,146	1,164	2,184	1,144

Cədvəl 3

 k_3 və k_a əmsallarının qiymətləri

$\begin{matrix} m_a \\ m_c \end{matrix}$	2	3	4	5	6	k_3/k_a
2	4	$2\frac{2}{3}$	2	$1\frac{3}{5}$	$1\frac{1}{3}$	k_3
	1	1,5	0,5	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	k_a
3	9	6	4,5	$3\frac{3}{5}$	3	k_3
	1,5	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{5}$	0,5	k_a
4	16	$10\frac{2}{3}$	8	$6\frac{2}{5}$	$5\frac{1}{3}$	k_3
	2	$1\frac{1}{3}$	1	0,8	$\frac{2}{3}$	k_a
5	25	$16\frac{2}{3}$	12,5	10	$8\frac{1}{3}$	k_3
	2,5	$1\frac{2}{3}$	1,25	1	$\frac{5}{6}$	k_a
6	36	24	18	$14\frac{2}{5}$	12	k_3
	3	2	1,5	$1\frac{1}{5}$	1	k_a

Ölçülərin xüsusi maqnit keçiricisindən λ asılılıqların təyin etmək üçün λ -nın cədvəl 1-də verilmiş dörd xarakterik qiymətlərini qəbul edək və onlara uyğun analitik ifadələri alaq.

Variant 1. $m_a = m_c = 2$; $\lambda = 8,03 \cdot 10^{-6}$ Hn /m üçün tapırıq

$$k_3 = \frac{2m_c^2}{m_a} = 2 \frac{2^2}{2} = 4; S_c = k_3 c^2 = 4c^2;$$

$$k_a = \frac{m_c}{m_a} = \frac{2}{2} = 1; a = k_a c = c; b = m_c c = 2c$$

Variant 2. $m_a=6$; $m_c=2$; $\lambda=6,31 \cdot 10^{-6}$ Hn /m

$$k_3 = \frac{4}{3}; S_c = \frac{4}{3}c^2; k_a = \frac{1}{3}; a = \frac{c}{3}; b = 2c$$

Variant 3. $m_a = 2$; $m_c = 6$; $\lambda=18,1 \cdot 10^{-6}$ Hn /m

$$k_3 = 36; S_c = 36c^2; k_a = 3; a = 3c; b = 6c$$

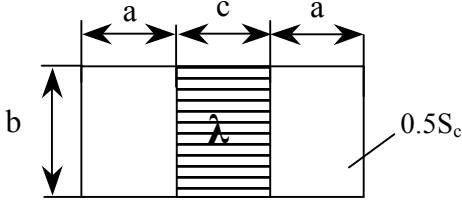
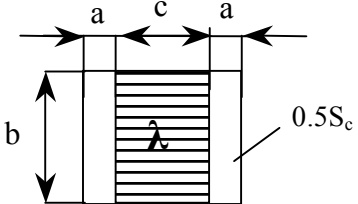
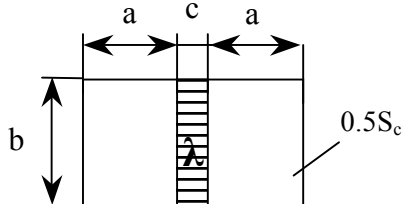
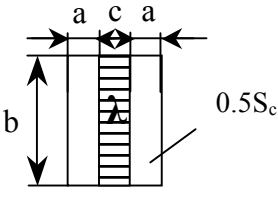
Variant 4. $m_a = 6$; $m_c = 6$; $\lambda=16,4 \cdot 10^{-6}$ Hn /m

$$k_3 = 12; S_c = 12c^2; k_a = 1; a = c; b = 6c$$

Alınan nəticələr cədvəl 4-ə yazılmışdır və hava aralıqlarının həmin cədvəldə müqayisəli eskizlər verilmişdir.

Cədvəl 4

Ölçülərin xüsusi maqnit keçiriciliyindən asılılıqları

$\frac{m_a}{m_c}$	İşçi hava aralığının eskizləri	Ölçülərin analitik ifadələri
$\frac{2}{2}$		$\lambda=8.03 \cdot 10^{-6}$ Hn/m; $\sigma_b=1.559$ $S_c=4c^2$; $a=c$; $b=2c$
$\frac{6}{2}$		$\lambda=6.36 \cdot 10^{-6}$ Hn/m; $\sigma_b=1.267$ $S_c = \frac{4}{3}c^2$; $a = \frac{c}{3}$; $b=2c$
$\frac{2}{6}$		$\lambda=18.1 \cdot 10^{-6}$ Hn/m; $\sigma_b=1.2$ $S_c=36c^2$; $a=3c$; $b=6c$
$\frac{6}{6}$		$\lambda=16.4 \cdot 10^{-6}$ Hn/m; $\sigma_b=1.089$ $S_c=12c^2$; $a=c$; $b=6c$

Hava aralığının c böyük qiymətlərində (1 və 2 variantlarda), λ keçiriciliyi az olduğundan nüvənin en kəsik sahəsi S_c və ölçüləri (a və b) də kiçikdir. Hava aralığının c kiçik qiymətlərində (3 və 4 variantlarda) λ keçiriciliyi böyükdür. Ona görə də nüvə çubuqlarının ölçüləri (a və b) və en kəsik sahəsi S_c böyük alınır. Bu qanuna uyğunluqları en kəsik sahəsi kiçik və ya böyük olan LD-nin hesabında nəzərə alınmalıdır.

Cədvəl 5-də $m_a=2÷6$ və $m_c=2÷6$ aralıqları üçün a və b ölçüləri və S_c en kəsiyi üçün analitik ifadələr verilmişdir. Həmin cədvəldə verilmiş analitik ifadələrə əsasən aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar.

Cədvəl 5

Nüvənin en kəsik sahəsinin S_c ölçülərin ədədi qiymətlərinin a və b işçi hava aralığından analitik asılılıqları

$M_c \backslash M_a$	2	3	4	5	6
2	$S_c = 4c^2$ $a=c$; $b=2c$	$S_c = \frac{8}{3}c^2$ $a=\frac{2}{3}c$; $b=2c$	$S_c = 2c^2$ $a=0,5c$; $b=2c$	$S_c = \frac{8}{5}c^2$ $a=\frac{2}{5}c$; $b=2c$	$S_c = \frac{4}{3}c^2$ $a=\frac{c}{3}$; $b=2c$
3	$S_c = 9c^2$ $a=1,5c$; $b=3c$	$S_c = 6c^2$ $a=c$; $b=3c$	$S_c = 4,5c^2$ $a=1,5c$; $b=3c$	$S_c = 3\frac{3}{5}c^2$ $a=\frac{6}{5}c$; $b=3c$	$S_c = 3c^2$ $a=\frac{1}{2}c$; $b=3c$
4	$S_c = 16c^2$ $a=2c$; $b=4c$	$S_c = 10\frac{2}{3}c^2$ $a=\frac{4}{3}c$; $b=4c$	$S_c = 8c^2$ $a=c$; $b=4c$	$S_c = 6\frac{2}{5}c^2$ $a=\frac{4}{5}c$; $b=4c$	$S_c = 5\frac{1}{3}c^2$ $a=\frac{2}{3}c$; $b=4c$
5	$S_c = 25c^2$ $a=2,5c$; $b=5c$	$S_c = 16\frac{2}{3}c^2$ $a=\frac{5}{3}c$; $b=5c$	$S_c = 12,5c^2$ $a=\frac{5}{4}c$; $b=5c$	$S_c = 10c^2$ $a=c$; $b=5c$	$S_c = 8\frac{1}{3}c^2$ $a=\frac{5}{6}c$; $b=5c$
6	$S_c = 36c^2$ $a=3c$; $b=6c$	$S_c = 24c^2$ $a=2c$; $b=6c$	$S_c = 18c^2$ $a=\frac{3}{2}c$; $b=6c$	$S_c = 14\frac{2}{5}c^2$ $a=\frac{6}{5}c$; $b=6c$	$S_c = 12c^2$ $a=c$; $b=6c$

1.Ölçüsüz m_a əmsalının artması ilə xüsusi maqnit keçiriciliyi (λ), en kəsik sahəsi S_c və nüvə çubuğunun eni (a) azalırlar. Bu zaman nüvənin qalınlığı (b) dəyişmir.

2.Ölçüsüz m_c əmsalının artması ilə λ , S_c , a və b artırlar.

3. $m_a=m_c$ olduqda $a=c$ olur

4. m_c əmsalının çox böyük qiymətlərində m_a əmsalı çox kiçikdirsə onda ölçülərin uyğunluq prinsipi pozulur, yəni a və b ölçüləri çox artırlar. Nəticədə A və B qabarit ölçülərinin qiymətləri tələb olunduqlarından böyük olur.

Nəticələr

1.Pilləvari induksion levitatorun əsas ölçülərini təyin etmək və onlar arasında analitik əlaqələri almaq məqsədi ilə hava aralıqlarının xüsusi maqnit keçiriciliklərinin məlum olan düsturlarından istifadə etməklə nüvənin pilləvari olmasını xarakterizə edən ölçüsüz əmsalların (n_c və n_b) analitik ifadələri alınmışdır.

2. Nüvənin ölçülərinin (a,b) işçi hava aralığından (c) asılılıqlarının analitik ifadələri alınmışdır. Nüvənin en kəsik sahəsi S_c hava aralığının qiymətinin (c) kvadratı ilə, nüvə çubuqlarının eni (a) və qalınlığı (b) isə həmin hava aralığının qiyməti ilə (c) düz mütənasibdir.

3. Nüvənin en kəsik sahəsi (S_c) və çubuqlarının ölçüləri (a və b) işçi hava aralığının (c) xüsusi maqnit keçiriciliyi (λ) artdıqca artırlar. Ölçülərin belə qanuna uyğunluqla dəyişmələri induksion levitatorun ölçülərin uyğunluq prinsipi ilə məhdudlaşır. Belə ki, layihə üçün verilmiş tapşırıqda qabarit ölçülərdən birinə, yaxud ikisinə qoyulmuş məhdudiyyətlər nüvə ölçülərinin dəyişmə diapazonunu da azaldır.

-
1. *Абдуллаев Я.Р.* Теория магнитных систем с электромагнитными экранами. Главная редакция физико-математической литературы издательство «Наука», М.2000, стр288
 2. *Абдуллаев Я.Р.* Теория и применение многофункциональных линейных индукционных подвесов. Баку, Военное издательство, 1996, 297 стр.
 3. *Абдуллаев Я.Р.* Электромагнитный расчет магнитных систем с подвижными экранами. Электричество, 2007, № 12
 4. *Абдуллаев Я.Р., Керимзаде О.О.* Определение размеров магнитной системы постоянного тока с учетом принципа соразмерности. Электричество. 2010. № 3
 5. *Abdullayev Y.R., Piriyeva N.M.* Pirləvari induksion levitatorun təsirlənmə dolağının hesabı, Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri 2013 № 1(83)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ СТУПЕНЧАТОГО ИНДУКЦИОННОГО ЛЕВИТОРА

ПИРИЕВА Н.М.

В статье рассматривается метод определения основных размеров и их взаимосвязей для индукционного левитатора со ступенчатым магнитопроводом. Полученные аналитические выражения для размеров учитывают принципы соразмерностей, указанные в технических заданиях при проектировании индукционного левитатора.

DETERMINATION OF THE MAIN DIMENSIONS OF THE INDUCTION STEP LEVITATOR

PIRIEVA N.M

In the article the method of determining the dimensions and their relationships for the induction of levitator magnetic-graded transmission. Derived analytical expressions for the dimensions into account the principle of proportionality referred to in technical design levitator induction.

EXCLUSION OF ECOLOGICAL POLYVINYLCHLORIDE PROBLEM BY CASTING PROCESS OPTIMIZATION UNDER THE PRESSURE

RAGIMOVA A.A.

Azerbaijan State Oil Academy

The most important factor for less thermo stable polymer compositions is uniformity of full melting of the material and also speed of item production which has been shown in some works. Graphic assessments of extrudate determination as refining machine and its productivity have been presented in the work.

Considering this method as basis, we have worked out the other nomogramme. Unlike the existing nomogramme the offered one has been built on the basis of the thermo stability curve. As it is seen from the figure the melting temperature is the defining parameters combining practically more important indices of the process: productivity and quality of extrudate and also dependence of thermo stability on rotating speed of screw, which reflects influence of treatment conditions.

In the left part of the graphic thermo stability curve (curve 1) has been shown, the time of existing of the material inside the cylinder of definite temperature has been mentioned but melting temperature has been given on the absciss. The number of search revolutions has been mentioned in the middle of the ordinate, but mass of the item has been shown on the absciss. (with 1 m length). Conditional color has been shown in the left side of the graphic, that is defining quality according to the external view of the item: the white color of the item (zone I) means a good quality, yellow one (zone II) – satisfactory, dark-brown (zone III) – a bad quality. Instead of colorfulness, one of the easily determined physic-mechanical properties, for example, solidity can be accepted as a quality index.

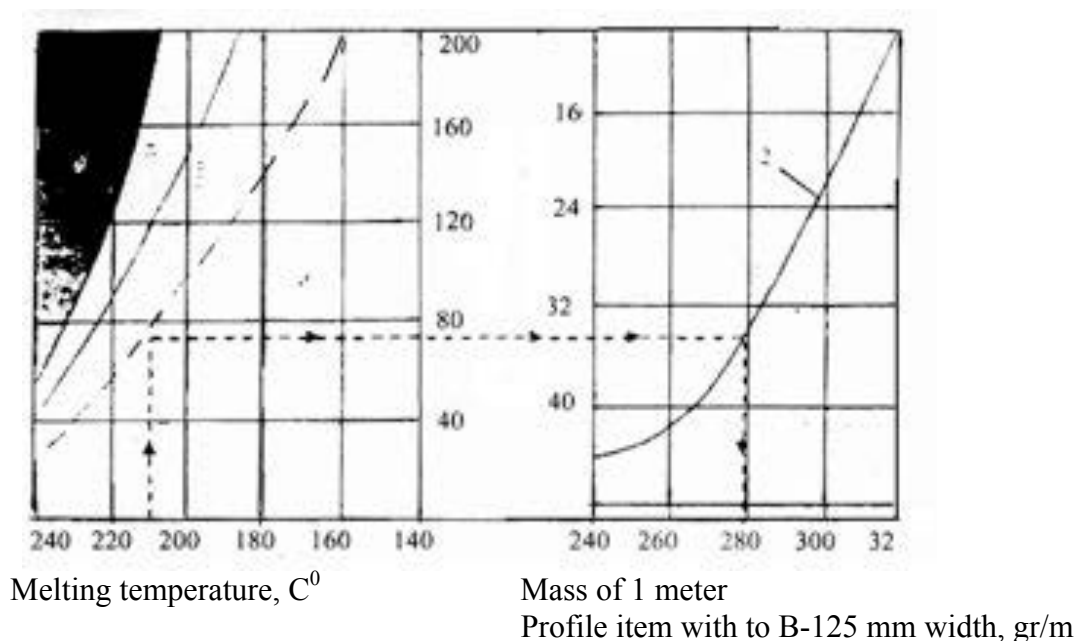


Fig. Graphic assessment of PVC refining by color method.

Melting temperature is connected with the rotation speed of screw; simultaneously thermo stability is also a function of the melting temperature and rotation speed of screw. Consequently such a combination provides double control of the item quality and productivity.

Temperature regime on the extruded machine is fixed as following. In the given melting temperature on the head of all other zones till the bunker the temperature is reduced to 20-25⁰C. For example if there must be 200⁰C on the head, then in other zones of the bunker temperature is settled in a stepped form: 200, 180, 160, 140, 120, 100, 80. Refining has been carried out on the extrusion machine by using compositions of foreign and Russian production.

Data on the experimentally obtained sample, cut from one profile item, made according to the regime shown on the graphic proved accuracy of the suggested method.

The method is very simple in use, reliable and doesn't require much expenditure. Besides it, it allows to fix a contact between regimes and quality very simply. The obtained item forms the basis for strict assessment of refining process and excludes ecological problems.

-
1. *K.S. Minsker; G.T. Fedoseyeva.* Destruction and stabilization of polyvinylchloride. Moscow, Chemistry, 1972. p 420.

POLİVİNİLKLORİDİN EKOLOJİ PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİ ÜÇÜN OPTİMAL TƏZYİQ ALTINDA EMALIN APARILMASI

RƏHİMOVA A.A.

Məqalədə polivinilxloridin ekoloji problemlərinin həlli üçün optimal təzyiq altında emal üsulları aparılmışdır.

ИСКЛЮЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

РАГИМОВА А.А

В статье представлены вопросы исключения экологической проблемы поливинилхлорида с помощью оптимизации процесса литья под давлением.

МЕХТИЗАДЕ РАУФ НУРЕДДИН ОГЛЫ – 70

Мехтизаде Р.Н. в 1967 г. окончил Московский энергетический институт и в том же году поступил на работу в лабораторию Техники высоких напряжений Института Физики, возглавляемую выдающимся ученым, основателем азербайджанской школы высоковольтников академиком

В составе лаборатории под руководством Ч.М.Джуварлы Мехтизаде Р.Н., последовательно проходя ступени от инженера и до ведущего научного сотрудника, проводил исследования механизмов воздействия сильных электрических полей и разрядов на материалы, электрического пробоя вакуумных промежутков, жидких и твердых изоляционных материалов, использующихся в электроэнергетике, электротехнике и приборах и устройствах специального назначения. В том числе исследования проводились непосредственно на заводах в условиях промышленного производства электроизоляционных изделий. Совместно с к.ф.м.н. Ю.В.Гориным было подробно изучено явление распада отрицательных ионов в газах и его влияние на возникновение и развитие электрического разряда. По результатам исследований разработан и создан ряд практических способов и технических устройств.

В 1988 году совместно с Ч.М.Джуварлы и Ю.В.Гориным выпущена монография «Коронный разряд в электроотрицательных газах».

В 2010 году им успешно защищена докторская диссертация.

Мехтизаде Р.Н. является членом Комиссии «Комплексные проблемы энергетики Азербайджана», Специализированного совета по защите диссертаций. С 2000 года он – бессменный ответственный редактор научно-технического журнала Академии наук Азербайджана «Проблемы энергетики», основанного академиком Ч.М.Джуварлы, а также ученый секретарь Оргкомитета Международной Конференции «Технические и физические проблемы энергетики» от Республики Азербайджан.

Поздравляя Мехтизаде Р.Н. с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших успехов в его плодотворной научно-педагогической и общественно-организаторской деятельности.