



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**



**МАТЕРІАЛИ
X НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ**

ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА

(ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ)

**Київ
2018**

Енергетика. Екологія. Людина. Зб. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2018. – 420 с.

У збірнику представлено статті молодих фахівців з питань перспективних розробок та нових рішень в енергетиці сталого розвитку на Х науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина».

До збірника включено статті за такими напрямками: сталий розвиток енергетики, енергетичний менеджмент та інжиніринг, сучасні системи забезпечення електричною енергією, інжиніринг та автоматизація електротехнічних комплексів, мехатроніка енергоємних виробництв, проблеми видобутку корисних копалин, геотехнічне і міське підземне будівництво, інженерна екологія та ресурсозбереження, охорона праці, промислова та цивільна безпека, а також особливості функціонування паливно-енергетичного комплексу України з урахуванням природоохоронних вимог. Викладено методи аналізу системи електропостачання, дано оцінку рівнів енергозабезпеченості та енергоефективності з урахуванням екологічного фактора та впливу галузі на людину.

*Друкується за рішенням організаційного комітету науково-технічної конференції
«Енергетика. Екологія. Людина»*

Організаційний комітет:

Голова – Денисюк С.П., д.т.н., проф., директор ІЕЕ;

заступник голови – Дичко А.О., д.т.н., доц., заст. директора ІЕЕ з наукової роботи;

Члени оргкомітету: Попов В.А. – д.т.н., проф., завідувач кафедри електропостачання;

Дешко В.І. – д.т.н., проф., завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження;

Левченко О.Г. – д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці, промислової та цивільної

безпеки; Розен В.П. – д.т.н., проф., завідувач кафедри автоматизації управління

електротехнічними комплексами; Ткачук К.К. – д.т.н., проф., завідувач кафедри інженерної

екології; Шевчук С.П. – д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханічного обладнання

енергоємних виробництв; Коцар О.В. – к.т.н., доц., директор Центру підготовки

енергоменеджерів; Ремез Н.С. – д.т.н., проф. каф. ІЕ, Броницький В.О. – ас. каф. ІЕ,

Третьякова Л.Д. – д.т.н., проф. каф. ОПЦБ, Лебедев Л.М. – к.т.н., доц. каф. АУЕК,

Лістовщик Л.К. – к.т.н., доц. каф. ЕМОЕВ, Студенець В.П. – к.т.н., доц. каф. ТЕ,

Закладний О.О. – к.т.н., доц. каф. ЕП.

Адреса організаційного комітету:

Україна, Київ, 03056, вул. Борщагівська, 115, корпус № 22, кім. 202а

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

conference_eel@ukr.net

www.en.iee.kpi.ua

Укладання збірника наукових праць: Закладний О.О.

Матеріали подані у авторській редакції.

Відповідальність за зміст і достовірність даних несуть автори тез.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ № 1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Застосування програмного забезпечення «Radio Mobile» для розрахунку каналу зв'язку в рамках розв'язання завдань організації передавання інформації та управління трансформаторними підстанціями. <i>Дехтяр А.Р., Коцар О.В.</i>	12
Вплив коливання частоти електричної мережі на точність проведення гармонічного аналізу, та способи їх зменшення. <i>Волошко А.В., Шершень О.І.</i>	17
Окремі аспекти розвитку нормативної бази забезпечення комерційного обліку електроенергії в умовах лібералізації ринку електричної енергії України. <i>Осіпов А.В., Коцар О.В.</i>	22
Особливості протікання енергетичних процесів в автономних системах електроживлення <i>Горенко Д.С., Соколовський П.В., Радиш І.П.</i>	26
Електромагнітна сумісність у системах Smart Grid. <i>Волошко А.В., Лутчин Т.М., Коваленко А.В.</i>	30
Система моніторингу енергоресурсів підприємств комунальної та бюджетної сфери. <i>С.П. Денисюк, В.І. Василенко, В. Ю. Ковальов</i>	38
Аналіз особливостей функціонування інтегрованих систем комплексного енергозабезпечення. <i>Оникійчук В.О., Цвєтков С.Т.</i>	41
Ресурсне забезпечення прогнозних сценаріїв розвитку енергетичної системи України на основі відновлюваних технологій. <i>Костюк В.О., Протащук О.В.</i>	49
Техніко-економічні переваги комбінованої енергетичної установки з гідроакумуляційними пристроями. <i>Костюк В.О., Тиндирика Ю.О.</i>	54
Використання контрольних карт для моніторингу ефективності енерговикористання на виробничих об'єктах. <i>Мушка Я.А, Находов В.Ф.</i>	58
Оцінка потенційної участі електропередавальних організацій у вирівнюванні добових графіків навантаження енергосистеми. <i>Чекамова В.В., Находов В.Ф., Замулко А.І.</i>	63

Прогнозування енергоспоживання на основі методу штучних нейронних мереж та порівняння його з іншими методами. <i>Прокопенко В.В., Коротенко В.В., Гребенюк Т.В.</i>	71
Моделі задач оптимальної реконфігурації розподільних електричних мереж. <i>Трофимішин О.О., Ткаченко В.В., Журавльов А.О.</i>	75
Аналіз доцільності використання методу головних компонент для оцінювання рівня енергоефективності. <i>Бориченко О.В., Остапчук Ю.Ю.,</i>	79
Аналіз і відбір факторів, що враховуються при формуванні оцінок часу відновлення електропостачання. <i>Козлов О.В., Ткаченко В.В., Журавльов А.О.</i>	87
Оцінка доцільності використання водневих джерел енергії для електропостачання комунально-побутових споживачів <i>Попов В.А., Коценко О.А.</i>	94
Управління попитом на електроенергію інструментами внутрішньодобового ринку електроенергії. <i>Дмитренко В.М., Коцар О.В.</i>	100
Аналіз стану та підвищення пропускної здатності електричних розподільних мереж великих міст. <i>Цішковська Т.Л., Зорін В.В.</i>	108
Дослідження оптимального розподілу навантаження на ділянці споживача <i>Калінчик В.П., Мірошніченко Є.В., Пономаренко В.О.</i>	113
Використання кластеризації для дослідження впливу галузей на графік навантаження ОЕС України <i>Калінчик В.П., Мірошніченко Є.В., Пономаренко В.О.</i>	116
Підвищення енергоефективності систем освітлення <i>Калінчик В., Колісніченко І.</i>	118
Концепція і енергоефективність суміщеного освітлення <i>Калінчик В., Колісніченко І.</i>	120
Методика техніко-економічного обґрунтування регульованого електроприводу насосів комунального тепло -водопостачання <i>Закладний О.О., Корягін М.К., Гребенюк Т.В.</i>	121
Показники технічного стану електромеханічних систем <i>Закладний О.О., Іорк М.А.</i>	129
Підвищення енергоефективності технологічного електроприводу підприємства <i>Прокопенко В.В., Красицький Ю.І., Закладний О.О.</i>	132

Використання конденсаторної установки для підвищення рівня енергетичної ефективності підприємства <i>Прокопенко В.В., Лазарєв В.В.</i>	137
---	-----

Огляд засобів регулювання якості електричної енергії <i>Закладний О.О., Прокопенко В.В., Корягін М.К.</i>	144
--	-----

СЕКЦІЯ 2. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНЖИНІРИНГ

Про особливості конструкцій кожухопластинчастих теплообмінників і перспективи їх застосування <i>Руденко С.В., Олійник Б.В., Гавриш А.С.</i>	151
---	-----

Про тепловіддачу при псевдо краплинній конденсації суміші водяних парів етанолу на фібрилізованих трубках <i>Дуб'яга Д.О., Гавриш А.С.</i>	158
---	-----

Дослідження теплового акумулятора для сонячної енергоустановки на базі двигуна Стірлінга <i>Бондаренко В.В., Студенець В.П.</i>	165
--	-----

Моделювання параболоїдного концентратора для сонячної енергетичної установки на базі двигуна Стірлінга <i>Славінська К.О., Студенець В.П.</i>	172
--	-----

Модель в'язкістно-гравітаційної течії водяної плівки на гладкій поверхні у середовищі ANSYS Fluent <i>Лептюхов І.І.; Баранюк О.В., Студенець В.П.</i>	177
--	-----

Ефективність застосування низькоемісійних покриттів в світлопрозорих конструкціях <i>Бондаренко В.С., Виноградов-Салтиков В.О.</i>	185
---	-----

Методика оптимізації витрат об'єктів теплогенерації підприємств на локальному ринку теплової енергії <i>Дешко В.І., Карпенко Д.С.</i>	191
--	-----

СЕКЦІЯ 3. ІНЖИНІРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Оптимізація керування позиційним електроприводом фасувальної платформи <i>Шестопап Р.С., Босак А.В.</i>	196
--	-----

Реалізація керування вентильним двигуном на базі Arduino в режимі реального часу <i>Цвєтков С., Набока А., Торопов А.</i>	200
--	-----

Аналіз каналів управління процесом сушіння торфу в парових трубчастих сушарках за витратами на енергоносії <i>Самарцев І.В., Кулаковський Л.Я.</i>	207
---	-----

Development the control system of wind power installations by changing the geometry of blades <i>Palamarchuk O., Kulakovskiy L.</i>	212
Особливості визначення технічного стану електродвигуна в процесі пуску <i>Петрусьов М.О., Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М., Брагіна Л.Є.</i>	216
Використанням векторів моніторингу для захисту електродвигуна <i>Андрусік А. В., Такташов Р. Р., Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М.</i>	220
Контроль аварійного стану перетворювача частоти <i>Курач В.В., Такташов Р. Р., Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М.</i>	224
Покращення характеристик системи управління регульованим електроприводом змінного струму з використанням нечіткої логіки <i>Гордієнко Б.Ю.; Пермяков В.М.</i>	230
Система робастного управління електроприводом змінного струму <i>Тишевич Б.Л., Корнійчук М.В.</i>	236
Векторне управління електроприводом змінного струму з матричним перетворювачем <i>Тишевич Б.Л., Орлов М.В.</i>	241
Інтелектуалізація системи управління електроприводом насосних установок нафтоперекачувальної станції <i>Тишевич Б.Л., Тицький В.В.</i>	246
СЕКЦІЯ 4. МЕХАТРОНІКА ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ	
Самоактивований ударний зубець <i>Гасленко В.І., Сліденко В.М.</i>	250
Депресивно-імпульсний вплив на привибійну зону нафтової свердловини <i>Кучинський С.О., Сліденко В.М.</i>	251
Динамічний гасник коливань корпусу гідромолота <i>Проченко Я.М., Сліденко В.М.</i>	252
Струминний насос репресивно-депресивної дії <i>Магеровський І.Т., Шевчук С.П.</i>	253
Безредукторні системи електроприводу – один із напрямів розвитку електромеханічного перетворення енергії <i>Рашківський О.Ю., Мазуренко Л.І.</i>	254
Вирішення задачі подовження терміну експлуатації ескалаторних установок <i>Туровський В.І., Мазуренко Л.І.</i>	255
Аналіз систем стабілізації напруги синхронних генераторів з постійними магнітами <i>Бабак А.С.</i>	256

Електрогідрравлічний підсилювач піскостуминної перфорації обсадної колони нафтової свердловини <i>Мельничук М.В., Сліденко В.М.</i>	257
Модернізація районної трансформаторної підстанції «Іванівка» <i>Перевозник Д.О., Мейта О.В.</i>	258
Нейросетевая модель для оптимизации электропотребления дробильно-помольного комплекса <i>Мейта А.В.</i>	260
Дослідження процесу стиснення пакету тарілчастих пружин при роботі струмино-кавітаційного генератора в середовищі Solidworks Simulation <i>Лисюк А.В., Лістовицик Л.К.</i>	262
СЕКЦІЯ 5. ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	
Закономірність зміни модуля зсуву в залежності від температури гірських порід та сніжно-льодових утворень. <i>Крючков А.І., Бахтин А.І.</i>	270
Раціональна технологія сортування і первинної переробки тпв в біопаливо для ТЕЦ. <i>Є.П. Бондарь, Крючков А.І.</i>	273
Системи підвищення ефективності сонячних батарей. <i>Борушко К.В., Ткачук К.К.</i>	276
Аналіз шляхів утворення фосфогіпсу та розробка системи утилізації цього відходу на ПАТ «Рівнеазот». <i>Бровді І.В.</i>	281
Analysis of ecological legislation of Ukraine and european countries. <i>Bronytskyi V., Bilous A.</i>	285
Аналіз впливу котельних установок на забруднення атмосферного повітря. <i>М.В. Попач, Гребенюк Т.В.</i>	289
Динаміка зміни рівня забруднення Канівського водосховища внаслідок виробничої діяльності підприємства целюлозно-паперової промисловості. <i>Косач О.А., Кофанов О.Є.</i>	293
Analysis of crop yields in ukraine and physico-mechanical characteristics of heat-insulating materials based on their waste. <i>Ömer Cebeci, Tkachuk Kostantyn, Liudmyla Diadiusha</i>	297
Економічні проблеми та наукові новації морської геології вуглеводнів. <i>Бодюк А.В.</i>	300
Аналіз впливу целюлозно-паперової промисловості на стан водних об'єктів України. <i>Науменко Д.П., Гребенюк Т.В.</i>	308

Waste materials co-processing in cement industry. Ömer Cebeci, Tkachuk Kostantyn, Anna Onyshchenko	312
Проблеми використання вуглеводнів на Волині. Бодюк В.А.	316
Аналіз забруднення поліхлорованими біфенілами трансформаторного масла та вплив на навколишнє середовище. Єлецька І.В.	317
Впровадження системи екологічного менеджменту на підприємствах України. Недава А.С., Ткачук К.К.	322
Аналіз геоекологічного стану територій автотранспортного комплексу. Рабош І.О., Кофанова О.В., Підгорний А.В.	326
Захист ґрунтів від забруднення стоками автозаправних станцій: еколого-правові вимоги. Ярмошик І.М.	330
Вплив параметрів вибуху на вихід дрібнодисперсних фракцій гірської маси. Коляда Я.С., Євтєєва Л.І.	333
Обґрунтування та оцінка об'ємів виходу дрібнодисперсних фракцій гірської маси при буропідричних роботах. Коляда Я.С., Євтєєва Л.І.	340
Видалення миш'яку і важких металів з води методом пасивного очищення з використанням в якості сорбенту гранульованого поліуретану в дренажному відстійнику вугільної шахти. Паршакова С.В., Кофанов О.Є.	344
Прогноз зміни температури поверхні борта кар'єру на основі статистичних даних. Мельничук М.О., Крючков А.І.	347
Improvement of atmospheric cleaning systems on the example of the finnish plant nokian tyres factory. Oliynyk V.O., Bronytskyi V.O.	352
Використання різних видів ресурсів в якості твердого енергетичного палива при роботі ТЕЦ. Крючков А.І., Сільченко Г.В.	355
Математичне моделювання впливу синергетичної дії хімічного та радіаційного забруднення на стійкість екосистем. Ремез Н.С., Олійник Ю.С.	357
Роль макроелементів при застосуванні екосанітарії. Ремез Н.С., Бойко А.	360

Вплив вибухових речовин на надлишковий тиск повітряно-ударних хвиль. Ремез Н.С., Канар М.О.	362
Оцінка обладнання для очищення фармацевтичних стоків з використанням методу аналізу ієрархій. Земська А.Є., Тверда О.Я.	366
Система радіаційної безпеки при поводженні з небезпечними радіоактивними відходами на спецкомбінатах Азербайджанській республіці. Тарікулієв А.Ф., Кофанова О.В.,	369
Місцеві особливості дисперсії поллютантів атмосферного повітря у придорожньому повітряному просторі населених пунктів. Кофанов О.Є., Ремез Н.С.	373
Розподіл концентрації забруднювачів відпрацьованих газів автотранспортних засобів у приземному шарі повітря. Борисов О.О., Кофанова О.В.	377
Найкращі доступні технології у сфері виробництва чавуну та сталі. Савченко А.Е.	382
Parameters of biochemical wastewater treatment process. Dychko A.O., Scherbak A.M.	384
Опції щодо скорочення викидів парникових газів у атмосферу в наслідок виробництва та використання біопалива/біорідин. Євтєєва Л.І., Малахова Н.С.	386
Ресурсозберігаюча технологія виробництва керамічної цегли з додаванням мінеральної вати. Жукова Н.І., Захарченко Б.В.	393
Вплив вологості вугілля на процес шарової газифікації бурого вугілля із зворотнім дуттям. Жукова Н.І., Яворський В.Є.	395
Огляд існуючих технологій переробки твердих побутових відходів. Сокур В.Г., Роїк І.В.	398
PRAT "Rosava" with modification of wastewater cleaning system. Faraon M.V., Bronytskyi V.O.	401
Станція біологічного очищення стічних вод комплексу КШ 1906 року. Історичний аспект. Литвиненко А.В., Назарова В.С.	403
Оцінка ефективності роботи водовідливної системи шахти № 10 «Нововолинська». Литвиненко А.В., Назарова В.С.	406

СЕКЦІЯ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВА ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

**Мінімізація виділень шкідливих речовин у повітря при ручному дуговому зварюванні
легованими електродами**

Левченко О.Г., Безушко О.М......409

Теоретичні основи оперативного управління безпекою праці в сучасних умовах

Полукаров О.І., Полукаров Ю.О......417

УДК 621.31

Горенко Д.С., аспірант, **Соколовський П.В.**, асистент,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; **Радиш І.П.**, к.т.н., доц. Ужгородський національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Автономними системами електроживлення можна вважати такі енергетичні системи, що не потребують зовнішніх джерел електроенергії. До них можна віднести і судові системи електроживлення (повітряні судна, кораблі і т.п.). В таких системах пред'являються особливі вимоги до якості та надійності [1–4].

Електрообладнання сучасних повітряних суден (ПС) являє собою складність ний електротехнічний комплекс, що забезпечує виконання завдань управління, життєзабезпечення і надійного функціонування всіх систем ВС в будь-яких умовах польоту. Усе електрообладнання в залежності від його призначення може бути виділено в три основні групи:

- джерела і перетворювачі електричної енергії;
- системи передачі і розподілу електричної енергії;
- приймачі електричної енергії.

Класифікація систем електропостачання (за родом струму і напруги первинних систем) шляхом комбінування в різних поєднаннях чотирьох основних типів систем:

- постійного струму низької напруги 28 В;
- постійного струму середньої напруги 112 В;
- змінного трифазного струму змінної частоти;
- змінного трифазного струму 115/200 В постійної частоти 400 Гц з приводом

постійної швидкості (ППС).

На сьогодні знаходить застосування система змінного трифазного струму 115/200 В постійної частоти 400 Гц з напівпровідниковим перетворювачем – перетворювачем частоти (ПП або ПЧ). Перспективною вважається система постійного струму високої напруги ± 270 В.

Основні вимоги до якості електроенергії в судових системах [2]:

1) Однофазні приймачі повинні бути розподілені між фазами кожного каналу трифазної системи електропостачання, щоб різниця навантажень найбільш і найменш навантажених фаз не перевищувала: при нормальній або частковій роботі – 5 % номінальної потужності каналу або 15% потужності фази джерела; при аварійній роботі – 10% номінальної потужності каналу або 30% потужності фази джерела.

2) Кут зсуву фаз між векторами напруг будь-яких сусідніх фаз при нормальній, частковій або аварійній роботі повинен становити 116–124°.

3) Значення усталеного напруги повинні відповідати зазначеним в таблиці 1

Таблиця 1.

Точка вимірювання	Діапазон напруги в будь-якій фазі при роботі системи, В			Діапазон середніх значень напруги трьох фаз при роботі системи, В		
	Нормальний або частотний	Ненормальний	Аварійний	Нормальний або частотний	Ненормальний	Аварійний
Виводи приймачів	108 – 119	100 – 127	104 – 122	–	–	–
В точці регулювання	–	–	–	114 – 118	105 – 125	112 – 120

4) Коефіцієнт амплітудної модуляції напруги в сталому режимі роботи при імпульсно-періодичній навантаженні повинен бути рівним 0,95 і більше, амплітудне значення сили струму якої в імпульсі дорівнює 7% номінального амплітудного значення сили струму каналу (джерела), повинен бути не більше 1%.

5) Несинусоїдальність напруги в сталому режимі роботи повинна бути такою, щоб для трифазного двонапівперіодного трансформаторно-випрямного навантаження, рівної 25% потужності каналу (джерела), виконувалися наступні вимоги: коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги був не більше 8%; діюче значення будь-якої окремої вищої гармоніки частоти до 10 кГц було не більше 5% діючого значення першої гармоніки напруги; діюче значення будь-якої вищої гармоніки частоти 10 кГц і більше не перевищувало значення, встановленого стандарту; коефіцієнт амплітудного значення напруги дорівнював $1,41 \pm 0,15$; постійна складова напруги була не більше $\pm 0,1$ В.

6) Імпульси напруги, що надходять на живильну шину системи при відключеннях приймачів електроенергії, повинні бути в межах від - 70 до 70 В (амплітудне значення), тривалістю від 0,05 до 5 мкс і накладатися на напругу шини в момент надходження.

7) Коефіцієнт пульсації напруги постійного струму повинен бути не більше 7,4% номінального значення. Частотні складові пульсації напруги повинні укладатися в діапазоні частот від 0,01 до 10 кГц.

З вище зазначеного можна зробити висновок, що вимоги, які пред'являються до судових мереж суттєво відрізняються від стандартів для мереж загального призначення, проте проблеми електромагнітної сумісності різнотипного електроенергетичного обладнання залишається невирішеною. На рис. 1 зображено схему розташування основного електрообладнання та систем управління літального апарату [2].

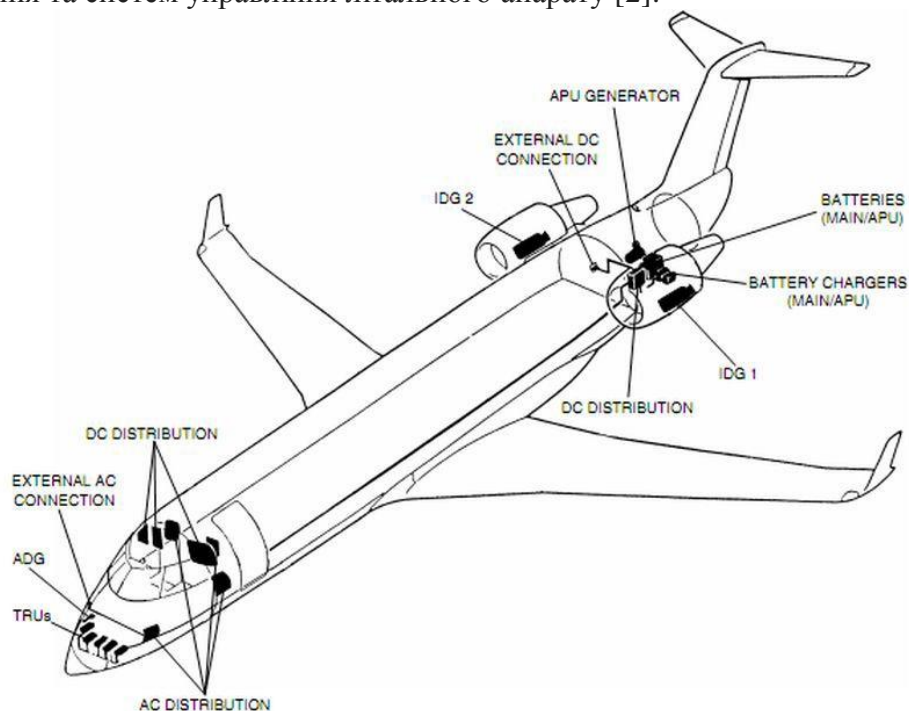


Рис. 1 Умовне розташування електрообладнання літака

Для мереж з несинусоїдальною формою напруги та струму неспівпадіння процесів коливання енергії в перетині судової системи електроживлення з коливанням енергії в елементах обумовлює відсутність зв'язків між максимальними енергіями, накопиченими магнітному електричному полях усіх індуктивних та ємнісних елементів, та максимумом

енергії у виділеному перетині системи.

Методи визначення реактивної потужності для систем з несинусоїдального струму [5–7].

- 1) Реактивна потужність за першою гармонікою:

$$Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1 = \left(\frac{1}{T^2} \int_0^T i_1(t)^2 dt \int_0^T u_1(t)^2 dt \right)^{1/2} \cdot \sin \varphi_1$$

- 2) Реактивна потужність Фризе:

$$Q_{Fr} = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{\frac{1}{T^2} \int_0^T u(t)^2 dt \int_0^T i(t)^2 dt - \left(\frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt \right)^2}$$

- 3) Реактивна потужність Будеана:

$$Q_B = \sum_k^N Q_k = \sum_k^N U_k I_k \sin \varphi_k$$

- 4) Диференціальна реактивна потужність:

$$Q_B = \sum_k^N k Q_k = \sum_k^N k U_k I_k \sin \varphi_k$$

- 5) Інтегральна реактивна потужність:

$$Q_I = \sum_k^N \frac{Q_k}{k} = \sum_k^N \frac{U_k I_k}{k} \sin \varphi_k$$

- 6) Еквівалентна реактивна потужність:

$$Q_{EKB} = \sqrt{Q_D Q_I}$$

- 7) Реактивна потужність на основі заміни несинусоїдальних сигналів еквівалентними синусоїдами:

$$Q_\lambda = UI \sin \left(\arccos \left(\frac{P}{UI} \right) \right)$$

Наведені вище підходи до визначення реактивної потужності не дають змоги повноцінно оцінити енергетичні процеси в автоматичних системах електроживлення, тому є доцільним використовувати обмінну потужність та її модифікації:

$$Q_{OB} = \frac{1}{T} \int_0^{t^+} u(t) i_p(t) dt$$

Компенсація обмінної потужності в автономних системах електроживлення відповідає критерію зменшення зворотних потоків енергії. Для компенсації обмінної потужності необхідним є виконання рівностей:

$$W_{OBI} = \int_0^{t^+} p_H(t) dt = \int_0^{t^+} p_H^H(t) dt + \int_0^{t^+} p_H^K(t) dt = 0$$

$$W_{OBI} = \int_0^{t^+ + t^0} p_H(t) dt = \int_0^{t^+ + t^0} p_H^H(t) dt + \int_0^{t^+ + t^0} p_H^K(t) dt = 0$$

З рівнянь випливає:

$$\int_0^{t^+} p_H^H(t) dt = - \int_0^{t^+} p_H^K(t) dt$$

$$\int_0^{t^+ + t^0} p_n^H(t) dt = - \int_0^{t^+ + t^0} p_n^K(t) dt$$

де $p(t)$, $p^H(t) = p_0^H(t) + p_n^H(t)$, $p^K(t) = p_0^K(t) + p_n^K(t)$ – миттєві потужності відповідно на виході генератора, на вході навантаження та на вході компенсатора; $p_0^H(t)$ ($p_0^K(t)$) – миттєва потужність, яка відображає перетворення енергії в інші види в навантаженні (компенсаторі); $p_n^H(t)$ ($p_n^K(t)$) – миттєва потужність, відображає накопичення енергії реактивних елементах навантаження (компенсаторі).

Відповідно до критерію усунення зворотних потоків енергії, форма кривої $p_0(t)$ має повторювати форму $p_n(t)$ на всьому періоді T або виконання співвідношення:

$$\int_0^T p_n^H(t) dt = - \int_0^T p_n^K(t) dt$$

Всі генератори постійного струму ПС мають паралельну обмотку збудження. Загальний струм короткого замикання менше номінального, тому для таких генераторів нема необхідності використовувати захист від коткого замикання. Якщо напруга генератора менша напруги мережі, тоді з мережі до генератора протікатиме струм (так званий зворотній струм), який призводить до поломок якоря і колектора генератора, а також до швидкої розрядки акумуляторних батарей. Тому компенсація зворотних потоків потужності є необхідною.

Список використаної літератури

1. Коепке G. Electromagnetic Compatibility and Smart Grid Interoperability Issues // SGIP Document. – 2012. – №5. – С. 118.
2. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
3. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк, Саенко Ю.Л., Нойберг А.М. Электромагнитная совместимость потребителей // Машиностроение. – 2012. – 351 с.
4. Горенко Д.С. Взаємний вплив груп елементів в локальних системах електроживлення // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. – 2018. – С. 17–18.
5. Жуйков В.Я. Денисюк С.П. Енергетичні процеси в електричних колах з ключовими елементами // НТУУ «КПІ». – 2010. – 264 с.
6. Гамм А.З., Голуб И.И. Адресность передачи активных и реактивных мощностей в электроэнергетической системе / Электричество. – 2003. – №3. – С. 9–16.
7. Denysiuk S., Horenko D. Analysis of exchange processes during parallel operation of wind electric units // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4(82). – С. 26–32.