

## СЕКЦІЯ 17

### ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ООС

Керівники секції: полковник Д.Г. Зубрицький;  
к.т.н. доц. полковник Г.І. Лагутін  
Секретар секції: к.т.н. майор Н.М. Куравська

#### ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМІВ, ЩО ЗАЛУЧАЮТЬСЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ООС

*Д.Г. Зубрицький<sup>1</sup>; Г.І. Лагутін<sup>2</sup>, к.т.н. доц.; А.І. Кудрявський<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Тил логістики командування Повітряних Сил Збройних Сил України;  
<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Досвід застосування сил (військ) в ООС свідчить про те, що тільки висока надійність електричних мереж військових аеродромів гарантує якісне виконання бойових завдань, покладених на винищувальну, штурмову, бомбардувальну, розвідувальну й транспортну авіацію.

В той же час, захист силових трансформаторів від пошкоджень або ненормальних режимів роботи здійснюється морально та фізично застарілими пристроями релейного захисту або запобіжниками.

Тому переведення релейного захисту силових трансформаторів військових аеродромів на сучасну елементну базу дозволить підвищити надійність електропостачання та бойові можливості авіаційних військових частин і підрозділів.

Таким чином, для надійного захисту трансформаторів доцільно застосовувати в комплексі декілька видів релейного захисту: максимальний струмовий захист або струмову відсічку разом з газовим захистом, захистом від замикань на корпус та захистом від перевантажень.

З огляду на моральну та фізичну застарілість пристроїв релейного захисту слід розглянути можливість переведення системи релейного захисту на сучасну мікропроцесорну базу. Це дозволить підвищити ефективність застосування родів авіації при веденні бойових дій у зоні ООС.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМАШИННИХ  
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ  
ПРОВЕДЕННІ ООС**

*А.В. Кудрявцев<sup>1</sup>; Г.І. Лагутін<sup>2</sup>, к.т.н., доц.; О.О. Скиба<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління інженерного забезпечення ГУОЗ  
Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відповідно до досвіду застосування зенітних ракетних підрозділів у зоні проведення ООС, зенітні ракетні системи С-300ПТ, С-300ПС та Бук-М1 складають основну вогневу силу в системі протиповітряної оборони та використовуються для захисту найважливіших промислових і військових об'єктів.

В той же час, визначення реального технічного стану асинхронних двигунів, які забезпечують отримання напруги частотою 400 Гц для живлення споживачів зенітних ракетних дивізіонів, проводиться в основному шляхом візуального огляду та найпростіших вимірювань. Це не дозволяє повною мірою визначити технічний стан двигуна та спрогнозувати появу певних несправностей в подальшому.

Тому розробка сучасних способів та засобів визначення технічного стану асинхронних двигунів електромашинних перетворювачів частоти є актуальною задачею. Це дозволить підвищити надійність електропостачання та рівень боєготовності зенітних ракетних підрозділів.

Проведений аналіз показав, що найбільш перспективними можуть бути визначені такі способи діагностування електродвигунів:

віброакустичний метод;

спосіб порівняння результатів вимірювань робочих сигналів двигуна з його математичною моделлю;

спектральний аналіз фазного струму двигуна.

Для ефективного та надійного діагностування асинхронних двигунів електромашинних перетворювачів частоти найбільш доцільно використовувати спосіб, принципово заснований на методі аналізу спектрів струму й напруги.

Для електротехнічних підрозділів, особливо які задіяні в зоні проведення ООС, застосування даного способу дозволяє повною мірою реалізувати технологію обслуговування устаткування за фактичним станом, що забезпечує зниження до мінімуму «аварійних» відмов устаткування за рахунок раннього виявлення дефектів, що зароджуються, і контролю розвитку пошкоджень.

## **АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ), ЯКІ ЗАЛУЧАЮТЬСЯ ДО ПРОВЕДЕННЯ ООС**

*Ю.П. Лукашик<sup>1</sup>, Г.І. Лагутін<sup>2</sup>, к.т.н., доц.; А.О. Столяров<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління інженерного забезпечення ГУОЗ Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Гарантоване, якісне, економічне та безпечне електропостачання озброєння, військової техніки та інших об'єктів військового призначення у стаціонарних та польових умовах є внеском у підтримання їх у постійній бойовій готовності.

Тенденції розвитку збройної боротьби передбачають підвищення рівня надійності електропостачання та незалежності від зовнішніх джерел електроенергії. При цьому використання нетрадиційних джерел електроенергії може забезпечити зниження залежності військових об'єктів як від державної електричної мережі, так і від поставок паливно-мастильних матеріалів. Так, за даними з відкритих джерел, військові електростанції й електроагрегати Сил швидкого реагування збройних сил Сполучених Штатів Америки залишаються найбільшими споживачами пального на полі бою під час ведення бойових дій. Тому підвищення енергетичної безпеки при виконанні бойових завдань, зменшення споживання всіх видів енергії й пально-мастильних матеріалів, а також розширення використання поновлюваних і альтернативних джерел енергії вважаються ключовими напрямками розвитку військової енергетики.

Одним з напрямків підвищення надійності електропостачання військових об'єктів та збільшення тривалості автономної роботи їх систем електропостачання може бути застосування альтернативних джерел електричної енергії.

Результати проведеного аналізу можливості застосування альтернативних джерел електроенергії в зоні проведення ООС свідчать, що незважаючи на відносно велику вартість сонячних та вітрових електростанцій, їх використання в зоні ООС може бути доцільним. До такого висновку можна прийти, якщо урахувати вартість паливо-мастильних матеріалів, необхідних для роботи традиційних бензинових та дизельних агрегатів, та труднощі при їх перевезення до району розташування військових об'єктів в зоні ООС.

При цьому вітроелектростанції може бути доцільно використовувати тільки на віддаленні від зони безпосереднього ведення бойових дій через їх високі демаскуючі фактори. Сонячні електроустановки та сонячні системи опалення та гарячого водопостачання за умови відповідного інженерного обладнання можуть бути застосовані на блок-постах та в місцях розташування підрозділів в зоні ООС.

Правильність зроблених висновків підтверджується тим, що аналогічні рішення для збройних сил розробляються й в провідних країнах світу.

## М'ЯКА КОМУТАЦІЯ В СИЛОВИХ КОЛАХ

Г.В. Кравченко<sup>1</sup>, Ю.О. Кусакин<sup>2</sup> к.т.н, доц.; А.М. Панченко<sup>2</sup>, к.т.н, доц.;  
М.П. Лисенко<sup>2</sup>; А.В. Міністерський<sup>2</sup>; О.М. Романов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральне управління інженерних забезпечення ГУОЗ Збройних Сил  
України;

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Комутаційне обладнання силових підстанцій виконано на електромеханічних приводах (інколи ручних), тривалість проходження сигналу від моменту його подачі і безпосередньо спрацювання контактів, може займати декілька періодів, в силу інерційності механічних процесів. Також неможливо отримати ідентичні електромеханічні системи по кожній із фаз. Тому момент вмикання, як по відношенню до синусоїди напруги, так по відношенню між фазами носить випадковий характер, що провокує значні кидки струму, які в раді випадків сприймаються системою релейного захисту як аварійні, внаслідок чого провокуються хибні аварійні ситуації.

Використання сучасних біполярних транзисторів з ізолюваним затвором типу IGBT на напруги 3300В та струми 1200А дають можливість створити комутаційну апаратуру на фіксований момент часу.

Пристрої, що побудовані по такому принципу мають назву апаратура м'якої комутація. Суть якої полягає в оцифруванні струмів та напруг, обчисленні контролером параметрів навантаження, запам'ятовування передісторії вмикання та формування сигналу на спрацювання силових ключів в мить мінімального перехідного процесу. Опрацьована методика визначення, в автоматичному режимі, миті комутації залежно від величини навантаження, його характеру та передісторії вмикання трансформатора. В сукупності зазначені параметри дають можливість знайти мить вмикання кожної із фаз без ініціювання перехідного процесу в силовому трансформаторі.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ООС

С.М. Деда<sup>1</sup>; Б.Т. Кононов<sup>2</sup> д.т.н., проф.; О.Є. Куян<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральне управління інженерного забезпечення ГУОЗ Збройних Сил  
України;

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Для забезпечення застосування радіолокаційних систем та радіолокаційних комплексів в зоні проведення антитерористичної операції використовуються системи електропостачання. Порушення нормального режиму їх роботи може призвести до зриву виявлення повітряних цілей, їх супроводження та видачі радіолокаційної інформації на командні пункти вищих ланок управління в зоні проведення операції об'єднаних сил й, як наслідок, ураження угруповань своїх військ (сил), найважливіших промислових і економічних центрів і інших об'єктів або позицій самих радіотехнічних підрозділів.

Вимоги до надійності систем електропостачання військових об'єктів постійно зростають. Потрібно надійність та мобільність електропостачання

забезпечують автономні джерела живлення, а зокрема дизельні електростанції. Тому актуальним є проведення досліджень, спрямованих на розробку систем технічного діагностування дизельних двигунів, які дозволяють підвищити коефіцієнт готовності дизельної електростанції та зменшити втрати праездатності ДЕС через помилки обслуговуючого персоналу.

Технічний стан дизельного двигуна може бути визначений за зовнішніми ознаками основних несправностей. Але такий підхід потребує достатньо високої кваліфікації особового складу. З іншого боку, система автоматики дизельної електростанції 5И57А виконує й окремі функції системи технічного діагностування. Однак вона призначена лише для визначення факту початку аварійного режиму та швидкого зупинення двигуна, щоб не допустити його виходу з ладу або руйнування. Тому дуже важливим є впровадження діагностування двигунів без їх розбирання на підставі аналізу результатів вимірювань.

Для підвищення надійності роботи системи електропостачання в умовах проведення ООС можуть бути запропоновані локальні або загальні системи технічного діагностування дизельних двигунів пересувних електростанцій, побудовані за принципом логічного аналізу симптомів відмов.

### **ЗНИЖЕННЯ ДЕМАСКУЮЧИХ ЧИННИКІВ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ООС**

*С.М. Деда<sup>1</sup>; В.М. Уваров<sup>2</sup>, к.т.н, доц.; Я.А. Смола<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління інженерного забезпечення ГУОЗ Збройних Сил  
України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проведений аналіз дозволив визначити та узагальнити питання щодо зменшення демаскуючих чинників пересувних електростанцій, які використовуються для автономного живлення комплексів озброєння та військової техніки в польових умовах при виконанні бойових завдань, а також при проведенні операції об'єднаних сил.

Основна увага в роботі приділена аналізу та визначенні пропозицій щодо зниження шумових характеристик дизельних двигунів внутрішнього згорання.

У другому розділі проведено аналіз джерел шуму дизельних двигунів, виходячи з їх конструкції та принципу роботи вцілому та окремих агрегатів. У третьому розділі визначено шляхи зменшення рівнів шуму дизельних двигунів.

Загальним перспективним напрямом зменшення шумових характеристик пропонується вважати розробку двигуна спеціального призначення для використання у складі озброєння та військової техніки, в конструкції якого врахувати та реалізувати сучасні заходи щодо зменшення його шумності.

Також в роботі маються рекомендації та напрями зниження шумності двигунів внутрішнього згорання, які не передбачають суттєвого впливу на конструкцію двигуна, а можуть бути застосовані на двигунах електростанцій, які знаходяться в експлуатації.

**ЗАСОБИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ГЕНЕРАТОРІВ  
ЗМІННОГО СТРУМУ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ СИСТЕМ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ,  
ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС**

*В.І. Дондюк<sup>1</sup>; А.О. Нечаус<sup>2</sup>, к.т.н.; В.І. Тимченко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління інженерного забезпечення ГУОЗ Збройних Сил  
України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В роботі проведено аналіз пересувних електростанцій зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України, і зокрема такої їх складової як синхронні генератори. На підставі проведеного аналізу встановлено однотипність конструкції генераторів, а також їх систем збудження.

Для визначення можливості вдосконалення систем збудження синхронних генераторів дизельних електричних станцій було проведено аналіз регуляторів збудження і систем регулювання напруги синхронних генераторів. В ході аналізу виявлено деякі недоліки, які можуть бути усунені шляхом переходу на нову елементну базу.

При аналізі сучасних систем збудження синхронних генераторів, що побудовані на радіоелектронній та мікропроцесорній базі, визначено перспективні напрями впровадження даних систем у склад автоматики дизельних електричних станцій систем електропостачання.

Впровадження сучасних систем збудження дозволить підвищити надійність роботи систем стабілізації напруги та регулювання збудження синхронних генераторів у несприятливих режимах роботи, пов'язаних з різного роду збуреннями, які можуть мати місце при виконанні бойових задач підрозділами в умовах проведення ООС.

**АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО  
СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ СИСТЕМ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМІВ, ЩО  
ЗАЛУЧАЮТЬСЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ООС**

*А.С. Москалець<sup>1</sup>; А.О. Нечаус<sup>2</sup>, к.т.н.; К.О. Умрихін<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Тил логістики командування Повітряних Сил ЗС України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Враховуючи досвід проведення антитерористичної операції, застосування всіх видів авіації для забезпечення ведення бойових дій є обов'язковою складовою вирішення бойових завдань. Тому питання удосконалення способів і методів, які забезпечують працездатність систем електропостачання військових аеродромів Повітряних Сил є достатньо актуальними.

Для забезпечення тривалої і надійної роботи силових трансформаторів, недопущення аварій в системах електропостачання, гарантоване виконання бойових завдань, необхідно забезпечити своєчасну діагностику дефектів, які можуть виникати як в процесі експлуатації, так і в наслідок дії зброї противника або діяльності диверсійно-розвідувальних груп.

Проведений в роботі аналіз дозволив виділити найбільш інформативні та універсальні сучасні методи визначення технічного стану силових трансформаторів без їх демонтажу та виключення з роботи. Також було

проведено аналіз сучасних універсальних діагностично-вимірювальних комплексів, які реалізують сучасні методи неруйнівного контролю параметрів силових трансформаторів, та дозволяють визначити їх реальний технічний стан і високо імовірний ресурс роботи.

Застосування запропонованого обладнання дозволить значно підвищити надійність систем електропостачання стаціонарних аеродромів Повітряних Сил, особливо це стосується портативних приладів у переносному виконанні, що важливо для забезпечення виконання завдань в умовах проведення ООС.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМИ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН, ЯКІ РОЗГОРНУТІ В РАЙОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС**

*Г.І. Лагутін, к.т.н, доц.; С.М. Хабоша*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Розробка пропозицій щодо можливостей застосування нетрадиційних джерел електроенергії для забезпечення електропостачання військових об'єктів збройних сил України, спрямованих на підвищення рівня надійності електропостачання та незалежності від зовнішніх джерел електроенергії в умовах проведення ООС є достатньо актуальною задачею.

При використанні автономних джерел електроенергії виникає проблема забезпечення електростанцій та електроагрегатів пально-мастильними матеріалами. Так, за даними з відкритих джерел, військові електростанції й електроагрегати Сил швидкого реагування збройних сил Сполучених Штатів Америки залишаються найбільшими споживачами пального на полі бою під час ведення бойових дій. Тому підвищення енергетичної безпеки при виконанні бойових завдань, зменшення споживання всіх видів енергії й пально-мастильних матеріалів, а також розширення використання поновлюваних і альтернативних джерел енергії вважаються ключовими напрямками розвитку військової енергетики.

Аналіз показав, що незважаючи на відносно велику вартість сонячних та вітрових електростанцій, їх використання в зоні ООС може бути доцільним. При цьому вітроелектростанції може бути доцільно використовувати тільки на віддаленні від зони безпосереднього ведення бойових дій через їх високі демаскуючі фактори. Сонячні електроустановки та сонячні системи опалення та гарячого водопостачання за умови відповідного інженерного обладнання можуть бути застосовані на блок-постах та в місцях розташування підрозділів в зоні ООС.

Правильність зроблених висновків підтверджується тим, що аналогічні рішення для збройних сил розробляються й в провідних країнах світу.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ РАДІОТЕХНІЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ**

*Г.І. Лагутін, к.т.н, доц.; Р.Б. Галелюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

При розв'язанні задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії для споживачів електричної енергії радіотехнічного підрозділу визначальним фактором є характер і величина навантаження споживачів електричної енергії. Коректне визначення розрахункових навантажень споживачів електричної енергії радіотехнічного підрозділу є одним з основних завдань при її розв'язанні. Завищене значення навантажень пов'язане з нерациональною витратою коштів і призводять до недовантаження елементів системи електропостачання. Занижене значення навантаження викликає перегрів струмоведучих частин електроустаткування, а тим самим передчасний вихід його з ладу.

На основі аналізу навантажень споживачів електричної енергії радіотехнічного підрозділу визначають максимальну потужність електричних станцій (підстанцій), число й потужність джерел і перетворювачів електричної енергії, переріз ліній електропередачі, визначають величину втрат електроенергії в лініях і силових трансформаторах, підраховують ряд показників, що характеризують режими роботи електроустановок, установлюють норми витрати електроенергії.

Пропонується спосіб визначення розрахункового навантаження споживачів електричної енергії радіотехнічного підрозділу при розв'язанні задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії, заснований на використанні стохастичної моделі. Пропонується розглядати процес функціонування системи електропостачання як найпростіший марковський процес випадкових подій. Це дає можливість знайти розрахункове навантаження для об'єктів, режими роботи яких істотно відрізняються від аналогічних показників.

## **АНАЛІЗ ЦИФРОВОГО ОДНОФАЗНОГО ЛІЧИЛЬНИКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ**

*Є.М. Дроб, к.т.н.; Д.С. Ольховіков*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Залежно від будови і компонентів, що використовуються, лічильники вимірюють: активну, реактивну і повну потужності; енергію, відповідну вказаним потужностям; параметри напруги мережі і струму навантаження. Розрахунок енергії, споживаної за певний проміжок часу будь навантаженням, вимагає інтегрування поточних позначень активних потужностей протягом усього часу вимірювання. В електромеханічних лічильниках електроенергії це здійснюється механічним лічильником. В цифрових лічильниках електроенергії необхідно реалізувати постійне підсумовування обчисленої величини активної потужності за певні проміжки часу. З цього видно, що вимірювачі електричної енергії, активної та реактивної, або лічильники електричної енергії, являють собою інтегральні прилади.



Під час аналізу вибору методів вимірювання електричної енергії авторами представлені лічильники на основі інтегральних схем закордонних компаній, різноманітні аналогово-цифрові перетворювачі та перетворювачі потужності.

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

*Г.І. Лагутін., к.т.н., доц.; О.В. Сальник*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Забезпечення споживачів електричною енергією може бути здійснено шляхом використання або одного типу електростанцій, що спроможний забезпечити роботу всіх споживачів електричної енергії, або двох чи більше типів, кожен з яких може забезпечити лише частину споживачів електричною енергією, у другому варіанті в наслідок різниці в вартості електричних станцій та вартості їх обслуговування має місце зменшення загальних витрат на забезпечення електричною енергією споживачів.

Чим більша кількість типів електростанцій – тим менші затрати на забезпечення електричною енергією споживачів, тому що в залежності від необхідної потужності вибирається необхідний тип електростанції. Але разом з тим зростають затрати на розробку, випробування та постановку на виробництво електростанцій (замість одного типу необхідно розробляти декілька). Зрозуміло, що існує оптимальна кількість типів (ряд потужностей) електростанцій і їх оптимальна потужність, при якій мінімізуються сумарні витрати.

Розв'язання задачі вибору найкращого варіанта побудови складної системи може бути отримане при використанні математичних методів оптимізації.

Формалізований математичний опис оптимізаційної задачі, інакше кажучи, математична модель повинна містити у собі цільову функцію, систему обмежень та граничні умови. На підставі аналізу факторів, що впливають на вид цільової функції, системи обмежень та граничних умов пропонується спрощена математична модель задачі визначення оптимальної кількості джерел електричної енергії для споживачів військових об'єктів, яка дозволяє розв'язувати розглянуту задачу методами дискретного лінійного та динамічного програмування.

### **АНАЛІЗ СПОСОБІВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ВИСОКОЇ НАПРУГИ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ АЕРОДРОМІВ, ЩО ЗАЛУЧАЮТЬСЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ООС**

*В.М. Уваров, к.т.н., доц.; А.А. Матвієнка*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Виходячи з проведеного аналізу типової системи електропостачання аеродрому, сформульовано завдання щодо забезпечення електричних мереж пристроями релейного захисту для забезпечення надійності електропостачання відповідальних споживачів електричної енергії військового аеродрому, які виконують завдання в рамках АТО. Вважаючи електричні мережі аеродрому найбільш уразливою складовою системи електропостачання, необхідно

вживати заходів для недопущення розвитку аварій, які можуть виникнути як внаслідок природних чинників та чинників природного зносу обладнання, так і вражаючих чинників зброї противника та діяльності диверсійних груп.

Проведений аналіз вимог щодо релейного захисту електричних мереж дозволив сформулювати завдання щодо застосування в електричних мережах військових аеродромів не традиційних систем релейного захисту, які побудовані на базі електромагнітних реле, а сучасних пристроїв релейного захисту на мікропроцесорній базі.

Інтегровані мікропроцесорні автоматичні пристрої протиаварійного управління, що з'явилися останнім часом, системами електропостачання виконують не лише функції захисного відключення – РЗ, але і функції автоматики: автоматичного частотного розвантаження (АЧР), автоматики повторного (АПВ) і резервного (АВР) включень. Вони є інтелектуальними інформаційними технічними засобами автоматичного управління, що володіють властивостями зміни налаштування відповідно до аварійної ситуації (адаптації), самотестування і самодіагностики і навіть самовдосконалення, завдяки гнучкому програмуванню. Широка інформаційні і сервісні функції, сумісність і зв'язок з персональною ЕОМ оператора-диспетчера і з більш високим рівнем ієрархічної автоматизованої системи управління (АСУ) електропостачанням забезпечують сучасний рівень реалізації, високу ефективність і надійність функціонування протиаварійної автоматики (ПА).

Виходячи з проведеного аналізу можна зробити висновок про доцільність використання інтегрованих пристроїв мікропроцесорного релейного захисту та автоматики в системі електропостачання військових об'єктів. Зокрема найбільш перспективним для використання можна вважати універсальний мікропроцесорний комплекс релейного захисту фірми АВВ, який оснащено широкими функціональними можливостями, і який має високі показники надійності, що особливо важливо для військових об'єктів, які виконують завдання в рамках проведення ООС.

## **ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ООС**

*В.М. Уваров, к.т.н., доц.; Г.Г. Величко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В роботі було проведено аналіз типових систем електропостачання зенітних ракетних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України. На підставі проведеного аналізу, враховуючи досвід застосування військ при проведенні АТО, а також власний досвід набутий під час заходів практичної підготовки в університеті, зроблено висновок про актуальність питання щодо розробки нових систем телеуправління складовими частинами СЕП ЗРК.

На підставі аналізу типових структур сучасних телемеханічних систем, висуно пропозиції щодо до оснащення систем контролю параметрів робочих режимів обладнання СЕП ЗРК додатковими датчиками, які б дозволили узагальнити максимальну кількість інформації про режими роботи обладнання СЕП ЗРК.

Запропоновано використання новітніх систем збору, обробки та передачі по радіоканалу інформації про стан та режими роботи електротехнічних

пристроїв, у складі систем автоматики та керування обладнанням СЕП ЗРК.

Запропоновано розпочати роботу щодо створення автоматизованої системи управління АСУ «Віраж-планшет-VEZ», яка б дозволила підвищити якість виконання завдань за призначенням електротехнічних підрозділів зенітних ракетних військ і, як наслідок, підвищити їх боєготовність.

## **АНАЛІЗ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИНХРОННОЇ ЧАСТОТИ ІЗ СКЛАДУ ОВТ ДЛЯ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ООС**

*Н.М. Куравська, к.т.н.; М.О. Попов; Д.С. Шелякін; Р.О. Плошко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба*

Участь Збройних Сил України в операції об'єднаних сил (ООС) та подальша інтеграція Збройних Сил України в структури НАТО підтверджуються важливістю модернізації зразків озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ (ЗРВ) та відносяться до першочергових завдань розвитку Збройних Сил України.

Система електропостачання є одною з важливих ланок, що забезпечує високу бойову готовність зенітних ракетних комплексів зразка С-300 ПТ. Гарантоване, якісне, економне та безпечне постачання електричною енергією озброєння та військової техніки є внеском у підтримання постійної бойової готовності та боєздатності військ (сил). Вимоги до надійності систем електропостачання військових об'єктів постійно зростають за рахунок розвитку та використання складної обчислювальної техніки.

Потрібну надійність та мобільність електропостачання забезпечують автономні джерела живлення, на ряду з перетворювачами синхронної частоти (ПСЧ). Такі перетворювачі повинні забезпечувати необхідні параметри змінного струму, а тому при виборі ПСЧ, необхідно порівнювати їх технічні дані, що мають бути враховані в переліку переваг. Одним з головних механізмів, на що треба не менш звернути увагу підшипниковий вузол, який може істотно погіршувати енергетичні показники в ПСЧ.

Енергетичні втрати в підшипниках складаються в основному з втрат на тертя, що виникають внаслідок проковзування в місцях контакту тіл кочення з кільцями і сепаратором, недосконалою якістю матеріалу тіл кочення і кілець а також механічних втрат змащувальному матеріалі. Вони не є постійними у часі і визначаються конструкцією підшипника, режимами його роботи і мастила, а тому потужність в деякій мірі витрачається на подолання тертя в підшипнику.

Підшипники мають у складі кульки, що знаходяться між кільцями де вони необхідні для зниження тертя між рухливими ділянками де ще сепаратор теж впливає на опір кочення. Але якщо використовувати кульки без сепаратора, вони будуть наздоганяти і проходити тертя один з одним, що навпаки призведе до підвищенню тертя. В результаті, любі підшипники потребують змазки, а деякі підшипники без сепараторів обмежені у швидкості обертання із-за підвищеного тертя.

При аналізі зроблено висновок, що якщо проблема тільки в терті кульок, то можливо зробити так щоб вони не зустрічалися. Тобто, таким чином щоб у зовнішньому кільці заглиблення, то кульки, проходячи ці виїмки, будуть уповільнюватися, а за цим прискорюватися. У результаті цього «рваного» ритму кульки не здоганяють один одного, і не мають тертя. В такій конструкції не потрібні: мастильні речовини та сепаратор.

Завдяки модернізації ПСЧ можливо забезпечити стабільність частоти перетворюваної напруги та забезпечити потрібну надійність в електропостачанні та зменшити втрати майже 1,5 рази.

## **ВИБІР ПОКАЗНИКА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА**

*Ю.Д. Мусаїрова*

*Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

При виборі діагностичного показника для оцінювання технічного стану послідовно з'єднаних ланок звичайно використовують два підходи. В першому випадку, коли досліднику необхідно дати відповідь щодо оцінки загального стану дизель-генератора, визначальним представляється з'ясування досконалості процесу перетворення енергії, і в якості загального діагностичного показника доцільно вибирати показник, за допомогою якого можливо оцінити коефіцієнт корисної дії процесів перетворення хімічної енергії палива в теплоту, теплоти – в механічну енергію, механічної енергії – в електричну енергію. Таким показником, наприклад, є питомої витрати палива  $g$ , які визначаються відношенням загальних витрат палива  $G$  до вихідної потужності генератора  $N_{г}$ .

У другому випадку, коли необхідно оцінити досконалість роботи окремих систем, вузлів і агрегатів дизель-генератора, тобто отримати часткові діагностичні показники, визначальним представляється можливість вимірювання параметра роботи дизель-генератора, який обирається в якості діагностичного показника, й вимоги, які при цьому пред'являються, до достовірності, повноти, глибини та точності контролю.

Для оцінювання роботи паралельних ланок доцільно в якості діагностичного показника вибирати такий показник, за допомогою якого можливо порівняти між собою ступінь досконалості окремих ланок. При оцінюванні роботи послідовних ланок в якості діагностичного показника слід вибирати такий показник, який дозволить дати відповідь на питання, відповідає чи ні значення вихідного параметра контрольованої ланки встановленим вимогам.

При виборі часткових показників оцінювання технічного стану окремих вузлів і агрегатів, які входять до складу дизель-генератора, слід враховувати наступні міркування. При оцінюванні паливної системи апаратура цієї системи, частіше за все, випробовується на спеціальних стендах після її демонтажу. Разом з тим, стан паливних фільтрів оцінюють по перепаду тиску палива на вході та виході фільтрів, стан паливо-підкачуючих насосів оцінюють по тиску палива в магістралі низького тиску. При поглиблених випробуваннях аналізують амплітудночастотні і фазочастотні характеристики паливної системи, яку описують динамічними ланками другого або третього порядку і знаходять, як змінюються постійні часу динамічних ланок при зміні амплітуд і частот гармонічних впливів, які подаються на вхід паливної системи.

При оцінюванні технічного стану окремих циліндрів двигуна слід враховувати наступні міркування, якщо і-й циліндр дизеля працює краще у порівнянні з рештою циліндрів, то у такті робочого ходу надлишкова робота поршня цього циліндра приводить до зростання кутової частоти обертання валу. Знаючи кут повороту валу  $\alpha$ , що відповідає руху поршня цього

циліндра у такті робочого ходу, і визначивши час, за який вал повернеться на кут  $\alpha$ , можна знайти кутову частоту обертання валу  $\omega_i$ , яка досягається під час роботи  $i$ -го циліндру. Після отримання відповідних значень кутової частоти обертання валу для кожного з циліндрів дизеля можливо знайти  $\omega_{\max}$ ,  $\omega_{\min}$ , визначити ступінь нерівномірності  $\delta$  й зробити висновок щодо технічного стану кожного циліндра.

## **РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ХНУПС**

*О.Б. Куренко, к.т.н., с.н.с.; Б.М. Крук, к.т.н., с.н.с.; А.О. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досягнення енергетичної незалежності України разом із розвитком альтернативної енергетики залишається нагальним завданням державної політики. Гарантоване, якісне, економне та безпечне електропостачання озброєння, військової техніки та інших об'єктів військового призначення у стаціонарних та польових умовах є внеском у підтримання їх у постійній бойовій готовності.

В результаті проведеного порівняльного аналізу технічних характеристик альтернативних джерел електричної енергії (АДЕЕ) вітчизняного та іноземного виробництва встановлена можливість їх використання в системах електропостачання об'єктів ХНУПС.

Встановлено, що АДЕЕ не є джерелами гарантованого електропостачання. Найбільш доцільно використовувати АДЕЕ в мирний час для зниження навантаження на основну мережу.

Визначено, що у разі використання АДЕЕ в якості автономного джерела живлення, для забезпечення безперебійного електропостачання необхідно використовувати комплексне АДЕЕ з резервуванням штатною дизельною (бензиною) електростанцією.

За результатами досліджень розроблені рекомендації щодо застосування АДЕЕ в системах електропостачання об'єктів ХНУПС, які дозволять обрати необхідне АДЕЕ в залежності від конкретних умов використання.

## **АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ РЕЖИМІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

*М.В. Хаустов  
Харківський національний університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба,  
Інститут цивільної авіації*

Питання аналізу стійкості режимів електричних систем мають велике значення, оскільки забезпечення стійкості є необхідною умовою існування будь-якого режиму роботи системи електропостачання, а в першу чергу - номінального режиму.

У технічному аспекті розрізняються такі основні види стійкості: статична (звана в математиці стійкістю в малому), динамічна синхронна (так звана стійкість у великому) і результуюча. Статична стійкість практично визначається як здатність системи самостійно встановлювати вихідний режим (або режим дуже близький до вихідного) при малих його порушеннях.

Дослідження стійкості методами А.М. Ляпунова дає можливість, проаналізувавши характеристичне рівняння системи, отримати відповідь на питання, чи буде стійка система, чи ні. Для аналізу характеристичного рівняння можна застосовувати різні математичні прийоми або критерії, наприклад, критерій Гурвіця, Михайлова, Неймарка і т.п.

При цьому треба визначати чисельне значення коренів характеристичного рівняння. Однак іноді корисно визначити саме чисельне значення коренів і побудувати характеристики зміни змінних у часі.

Теорія стійкості по А.М. Ляпунову, що застосовується як перше наближення, передбачає малі відхилення і веде аналіз без розгляду збурюючих сил, а тому не завжди задовольняє інженера-практика. Багато технічні завдання не цілком відповідають концепції визначення стійкості по методу Ляпунова.

В деяких практичних випадках фізиці явища більш відповідає теорія технічної стійкості по Н.Д. Моїсеєву. Специфіка методу Моїсеєва полягає в прагненні отримати оцінку рішення системи диференціальних рівнянь, уникаючи тих труднощів, які полягають у необхідності тим чи іншим шляхом вирішувати систему диференціальних рівнянь або досліджувати характер її коренів.

Крім перевірки статичної стійкості електричної системи, як стійкості даного стану системи, виникають завдання перевірки стійкості переходу системи від одного режиму до іншого. Ця проблема стійкості у великому потребує інших методах, часто відмінних від застосовуваних при дослідженні статичної стійкості. Зокрема, може бути застосований так званий другий, або прямий, метод Ляпунова. Цим методом можна проводити дослідження як статичної, так і динамічної стійкості. Для дослідження динамічної стійкості вимагає рішення нелінійних диференціальних рівнянь. Вони зазвичай безпосередньо не інтегруються, тому для їх вирішення доводиться застосовувати методи чисельного інтегрування.

## **АНАЛІЗ СТАНУ ТА ЗАСОБІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УКРАЇНІ**

*А.А. Білоус; О.Ю. Йосипович*

*Харківський національний університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба,  
Інститут цивільної авіації*

Рівень розвитку енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі, вирішення проблем соціальної сфери та рівень життя людини. Конституцією України передбачено право громадян на їх достатній життєвий рівень та безпечне для життя і здоров'я довкілля, що зобов'язує державу створити відповідні умови для розвитку економіки. Запорукою реалізації цих завдань має стати повне, надійне та екологічно безпечне задоволення потреб населення і суспільного виробництва в енергетичних продуктах.

Замість завдань енергозабезпечення кількісного розвитку, яким економіка України слідувала достатньо довго, енергетика повинна перейти на енергозабезпечення сталого розвитку економіки, на що орієнтовані сьогодні розвинуті країни світу.

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки країни та в створенні нормативних, нормативно-

правових та економічних механізмів, що сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню.

До основних напрямків підвищення ефективності систем електроживлення споживачів відносяться:

- забезпечення відповідної надійності електроживлення;
- впровадження сучасних засобів обліку електричної енергії: цифрових лічильників, автоматизованих систем обліку;
- використання сучасного устаткування релейного захисту та автоматики;
- зниження втрат напруги в лініях електропостачання, заміна повітряних ліній на кабельні, використання при цьому сучасних матеріалів (наприклад, кабелів зі сшитого поліетилену, які виробляє завод «Южкabelь»);
- використання сучасного електричного обладнання для внутрибудинкових мереж, для районних трансформаторних підстанцій;
- забезпечення найбільш ефективних режимів роботи електричного устаткування: виключення режимів холостого ходу та недовантаження трансформаторів, асинхронних двигунів водопостачальних насосів, підвищення коефіцієнта потужності електричних мереж за рахунок компенсації реактивної потужності;
- використання когенераційних установок та впровадження нетрадиційних джерел електричної енергії.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ**

*В.І. Іващенко; М.Б. Рахмаїлов*

*Харківський національний університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба,  
Інститут цивільної авіації*

Перехідні процеси виникають в електричних колах унаслідок зміни електрорушійних сил (ЕРС), напруги, прикладеної до кола, або у зв'язку із зміною його параметрів – опорів, індуктивності або ємності.

Безпосередніми причинами виникнення перехідних процесів можуть бути комутаційні зміни режимів, тобто включення (вмикання) і виключення (вимикання) джерел живлення, приймачів електричної енергії, короткі замикання на ділянках електричних кіл, зміни механічного навантаження електродвигунів і багато що інше.

В лінійних електричних колах основними методами розрахунку перехідних процесів є прями (класичний, якісний, операторний) та суперпозиційні (спектральний та часовий). Розглянути методики та приклади розрахунку перехідних процесів кожним методом. Відмічаються особливості розрахунку лінійних кіл змінного струму.

## **РЕВЕРСИВНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА БАЗІ МАГНІТНО-ВЕНТИЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

*І.О. Король*

*Харківський національний університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба,  
Інститут цивільної авіації*

Розглядається реверсивний магнітно-вентильний перетворювач (МВП) для живлення електричного двигуна постійного струму. Дроселі насичення, які використовуються у перетворювачі, працюють у режимі швидкодіючих магнітних підсилювачів, запізнення яких не перевищує половини періоду живлячої напруги. Навантаження вмикається на виході двох груп МВП, завдяки чому виключається потреба баластного опору, що значно підвищує ККД, порівняно з відомими реверсивними МВП. Так як елементами регулювання в силовому колі перетворювача є дроселі насичення, то перетворювач який розглядається, має більшу надійність ніж реверсивні тиристорні перетворювачі.

Аналізуються електромагнітні процеси реверсивного ВМП при роботі на активно-індуктивне навантаження і на противно-е д с. Аналіз показує, що зовнішні характеристики ВМП практично є лінійними на усьому діапазоні провідності. Результати досліджень підтверджують теоретичні висновки та вказують, що пропонуваній реверсивний ВМП може ефективно використовуватися в автоматизованому електроприводі.

## **ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ**

*І.О. Кашаєв, к.т.н. доц.; І.В. Терентьєва*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У сучасних умовах енергетична безпека та енергоефективність стає по-справжньому стратегічним пріоритетом. Використання енергетичних ресурсів як елемента тиску та шантажу стало рисами гібридної війни.

Досвід проведення антитерористичної операції на тимчасово окупованих територіях показав велику роль новітніх технологій (у тому числі енергозабезпечення) в ході проведення операції.

Співробітництво НАТО з Україною у сфері забезпечення енергетичної безпеки визначається Стратегією національної безпеки України. Сучасна ситуація вимагає значно інтенсифікувати роботу щодо енергоефективності Збройних сил України. Перспективним підходом, пов'язаним з вирішенням проблеми є використання альтернативних (поновлюваних) джерел енергії.

Розглянуто використання альтернативних джерел енергії в провідних арміях світу на прикладі реалізації програми «Розумна енергетика» (Smart Energy) НАТО яка спрямована на підвищення енергоефективності збройних сил через набір засобів: розширення використання поновлюваних джерел енергії; покращення управління енергоспоживанням; упровадження нових технологій для зберігання енергії..

Наведено, що наприклад, перевагами використання фотоелектричних перетворювачів у системах електроживлення для військових застосувань є: автономність; економія органічних видів палива; загальнодоступність; довговічність.



## **ШЛЯХИ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНХРОНІЗАЦІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

*М.І. Будур*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

З'ясовуються шляхи прискорення процесу синхронізації синхронних генераторів систем електропостачання військових об'єктів, які засновані на відмові від дотримання умов ідеальної точної синхронізації та використання, при врахуванні інерційності вимикача генератора. Використання при можливості формування команди на вмикання вимикача генератора зонного принципу синхронізації. Відмова від дотримання умов ідеальної точної синхронізації дозволить зменшити час, що витрачається на приведення генератора, що вмикається, у стан, при якому можливо здійснювати підключення на паралельну роботу за рахунок збільшення можливих значень частот ковзання та кутів між напругами що синхронізуються. Перехід до зонного принципу синхронізації збільшує діапазон можливих кутів вмикання, що унеможливило процес команди на вмикання вимикача генератора. Пропонуються способи отримання постійного кута та постійного часу випередження для зонних синхронізаторів. Доводиться можливість побудови вимірювального блока пристроїв синхронізації на базі операційних інтегруючих підсилювачів. Використання в блоці вимірювання інтегруючих операційних підсилювачів дозволить уникнути суттєвих похибок, які притаманні вимірювальним блокам, в яких використовується диференціювання.

Таким чином:

1. Для вмикання на паралельну роботу резервних джерел живлення в системах електропостачання військових об'єктів слід виконувати спосіб автоматичної точної синхронізації.

2. Для прискорення процесу точної синхронізації доцільно відмовитися від дотримання умов ідеальної синхронізації й вибирати параметри синхронізації такі як допустима неоднаковість напруг, допустима кутова частота ковзання та допустимий кут зсуву за фазою напруг, що синхронізуються, з умов забезпечення визначасемої якості електричної енергії в процесі синхронізації.

3. Для виключення збурень, пов'язаних з можливими провалами напруги й кидками струмів під час проведення синхронізації крім дотримання вимог, які стосуються параметрів синхронізації, обов'язково слід враховувати інерційність вимикача генератора та подавати команду на вмикання вимикача генератора з постійним кутом або постійним часом випередження, надаючи, при цьому, перевагу синхронізаторам з постійним часом випередження.

4. Для скорочення часу, витрачаемого на проведення синхронізації, слід використовувати зонні синхронізатори, в яких для підвищення точності визначення кута вмикання слід використовувати фільтри, побудовані на інтегруючих операційних підсилювачах.

## **НАПРЯМКИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ АВІАЦІЙНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*І.В. Заріцький; Ю.Л. Діденко*

*Державний науково-дослідний інститут авіації*

Формування та реалізація нових ідей для розробки нових зразків озброєння базується на основі вмілого поєднання накопичених теоретичних та практичних знань у різних галузях науки (математика, фізика, кібернетика, біологія, IT-технології та ін.). Енергетичні електричні системи необхідно розділити за їх призначенням: генерування (електричні генератори та паливні елементи), накопичення (акумуляторні батареї), та споживання (електроприводи). Враховуючи це їх можливо розглядати кожно окремо, пов'язуючи між собою енергетичним балансом.

Функціонування систем генерування та споживання електричної енергії засновані на однакових фізичних принципах, відрізняючись лише тим, що перша з них базується на перетворенні механічної енергії та хімічної в електричну, а друга, навпаки – перетворення електричної енергії в механічну (електроприводи систем запуску авіаційних двигунів, приводи поворотних систем гармат тощо).

Для системи накопичення електричної енергії основною корисною властивістю є її здатність мати максимальну ємність при найменш допустимих величинах геометричних розмірів, маси, та часу збереження накопиченої енергії.

Новітні світові технології дають можливість створити нові енергетичні системи з новими покращеними енергетичними характеристиками, в основу яких буде закладено головний принцип – енергозбереження. При поєднанні в єдиний об'єкт (генерування, збереження, споживання), ми отримуємо нові поліпшені характеристики військової техніки за різним призначенням (збільшення об'єму електричної енергії, швидкодія приводу, збільшення дальності пересування, збільшення часу знаходження в повітрі).

Слід звернути увагу на те, що при впровадженні новітніх технологій (використання нових електротехнічних матеріалів для генераторів та електроприводів, паливних елементів, акумуляторних батарей, досягнень IT-технологій) не завжди вдається реалізувати зразу покращення характеристик енергозбереження в повному обсязі. Подальше удосконалення лежить на ідеях подальшої оптимізації законів управління електричними стартерами. IT-технології

При умові, коли ми розглядаємо систему в цілому, слід від сумісного процесу генерування електричної енергії, збереження її та споживання відокремити складову споживання, як ту що найбільш пристосована до досягнення зменшення енергетичних втрат за рахунок впровадження нових законів управління електричними машинами різних електроприводів, які існують на літальному апараті.