

## СЕКЦІЯ 16

### ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Керівники секції: полковник Г.В. Кравченко;  
д.т.н. професор Б.Т. Кононов  
Секретар секції: к.т.н. підполковник А.О. Нечаус

#### ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ НОМЕНКЛАТУРИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВОГО ОБ'ЄКТУ

*Г.І. Лагутін<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Г.В. Кравченко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Головне управління оперативного забезпечення*

Задача вибору номенклатури та потужностей електростанцій для забезпечення електроенергією споживачів електроенергії військового призначення може бути зведена до задачі оптимізації генеруючих потужностей у системі електропостачання. Задача оптимізації генеруючих потужностей міститься у визначенні на заданому часовому інтервалі планування складу електростанцій та їхніх установлених потужностей, розміщення та виду використовуваних енергоресурсів, типів та потужності агрегатів на окремих електростанціях для надійного забезпечення споживачів електроенергією потрібної якості в необхідній кількості. Для кожного часового етапу враховується таке: установлена потужність електростанцій; резерв потужності для забезпечення потужності та кількості енергії у період максимуму; передбачувані до використання паливні ресурси; екологічні обмеження; капітальні вкладення у формі фінансових та матеріальних ресурсів, що не перевищують фіксованого розміру; можливості постачальних організацій; можливість забезпечення експлуатаційним персоналом тощо. Для розв'язання даної задачі можуть бути використані методи лінійного програмування, квадратичного програмування, нелінійного програмування, динамічного програмування тощо.

#### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНІКИ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

*А.О. Нечаус, к.т.н.*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

У сучасних системах телемеханіки велика увага приділяється програмному забезпеченню системи і інтеграції з діючими системами та програмними комплексами. Стандартом стало графічне представлення схем контрольованого процесу (мнемосхем) з "живим" відображенням поточного стану, управлінням об'єктом з кадрів мнемосхем. У програмному забезпеченні спостерігається тенденція до стандартизації програмних інтерфейсів систем збору даних і програм обробки (технологія OPC), зростає потреба експорту зібраних даних в спеціалізовані програми. З огляду на таку тенденцію розвитку пристроїв телемеханіки вважається перспективною система GEADAT 81GT. Пристрої КП телекомплексу виконуються у вигляді схемних апаратів. Вони, як правило, встановлюються на необслуговуваних пунктах і забезпечують ввід, вивід і ретрансляцію різної телеінформації без її представлення місцевому персоналу, а це означає, що можливо мати лише одного оператора на

пункті управління, тобто зменшуються витрати на обслуговування і в той же час підвищується надійність системи за рахунок зменшення імовірності скоєння помилки особовим складом, забезпечується висока швидкодія комплексу порівняно з іншими вітчизняними і зарубіжними аналогами, також ця система має помітні переваги в керуванні системами електропостачання в порівнянні з іншими розробками бо має можливість використовувати сучасні швидкісні канали зв'язку і безпроводні технології. Разом з тим зберігається потреба стиковки з морально (а іноді і фізично) застарілими "успадкованими" системами, із збереженням їх протоколами зв'язку.

### **ГРАФО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ НАВКОЛО ДВОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ**

*М.Б. Старостенко, к.т.н., доц.; А.О. Мушаров*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Проектування ліній електропередач, потужних електроустановок, а також загальної електрифікації військових об'єктів вимагає від інженера дотримання вимог правил безпечної експлуатації та інших нормативних документів щодо забезпечення їх безпечної та безаварійної експлуатації. При проектуванні ліній електропередач виникає потреба визначити величину індукції магнітного поля в тій чи іншій точці простору для оцінки її шкідливої дії на організм людини. Для виміру величини магнітного потоку використовують магнітоелектричні та фотоелектричні веберметри (флюксометри). Проте, широке використання таких приладів у військах може бути ускладнене тим, що вони мають досить високу вартість, і якщо в якості міношукачів для саперів їх використовувати доцільно, то закупівля магнітометрів для вимірювання магнітних полів і визначення їх шкідливої дії на організм людини може виявитись занадто коштовною для ЗСУ. За допомогою графо-аналітичного методу розрахунку магнітного поля, що створюється навколо двопровідної лінії можна досить зручно отримати уявлення про значення магнітної індукції в будь-якій точці простору і отримати досить чітке і зрозуміле зображення ліній екіпотенційних поверхонь магнітного поля двопровідної лінії постійного струму. Цей метод розрахунку може бути успішно застосований для розрахунку магнітних полів, що створюються міським електротранспортом, який використовує постійний струм, мережами освітлення, підлогою з електропідігрівом і т. ін.

### **МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК В ЯКОСТІ РЕЗЕРВНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МТЗ**

*О.А. Дробот, к.т.н.; В.О. Абрашин; О.М. Гурин*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Розглядаються питання можливості та доцільності застосування альтернативних джерел електричної енергії (АД ЕЕ), для електропостачання об'єктів матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) ЗС України у мирний час. Проведен аналіз потреби електричної енергії для забезпечення зберігання ОВТ та МТЗ. Виходячи з нормативних документів про комунальні послуги у ЗС України на освітлення території складів (в нічний час 8 годин) площею 1 га достатньо джерела потужністю близько 1 кВт, а на освітлення інших територій аналогічної площі 0,7 кВт. Ряду потужностей АД ЕЕ, що є в наявності на ринку України, достатньо для забезпечення їх потреб. Об'єкти МТЗ, зокрема арсенали, бази та склади, характеризуються: великою загальною площею, відсутністю висотних споруд, віддаленіс-

тю від крупних міст, постійною величиною споживаємої потужності. Дані об'єкти не відносяться до переліку частин та об'єктів, які не підлягають відключенню від стаціонарного електропостачання. В таких умовах, пріоритетним варіантом застосування АДЕЕ є використання вітрових електричних установок (ВЕУ) в якості додаткового джерела живлення для зниження навантаження на основну електромережу. В роботі наводиться приклад розрахунку економічного ефекту застосування ВЕУ в якості резервного АДЕЕ для освітлювання охороняємих приміщень і території зберігання ОВТ та об'єктів МТЗ.

### **КОНЦЕПЦІЯ БУДОВИ НАВЧАЛЬНО-ТРЕНУВАЛЬНОГО ПУЛЬТА КЕРУВАННЯ ДЕС 5И57А ТА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 99Е6**

*С.М. Новічонок, к.т.н.; Г.І. Лагутін, к.т.н.; О.М. Малиш, к.т.н.*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Для підтримання навченості персоналу, що обслуговує систему електропостачання 99Е6, з метою економії ресурсів, планується використовувати навчально-тренувальний пульт керування ДЕС 5И57А та системи електропостачання 99Е6. Імітаційна тренажна система повинна контролювати правильність дій оператора, виявляти настання певного режиму, а також аварійних станів. Подано демонстраційний прототип навчально-тренувального пульта керування дизельної електростанції 5И57А. Розглядається концепція будови навчально-тренувального пульта керування ДЕС 5И57А та системи електропостачання 99Е6.

### **МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВЫНУЖДЕННЫХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВАЛОПРОВОДА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА**

*Е.А. Кононова*

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Для оценки технического состояния отдельных цилиндров и всего двигателя предложено использовать величину степени неравномерности вращения его вала. Исследования процесса крутильных колебаний проводились с позиций обеспечения прочности валопровода. В известных исследованиях не рассматривалось влияние крутильных колебаний на результат оценки степени неравномерности частоты вращения. Представлена методика анализа вынужденных крутильных колебаний валопровода дизель-генератора, основанная на аналитическом представлении зависимости газовой силы, действующей на поршень, от угла поворота коленчатого вала двигателя. Показано, что при диагностировании двигателя с использованием этого параметра необходимо учитывать крутильные колебания валопровода, которые бывают собственными (свободными) и вынужденными. В результате апробации предложенной методики сделаны следующие выводы: 1. Значение величины амплитуды и частоты вынужденных крутильных колебаний позволяет не только избежать ошибок при определении степени неравномерности частоты вращения, но и определять возможность совместной работы дизеля и генератора и при необходимости принять меры, позволяющие избежать последствий опасных резонансов. К таким мерам следует отнести увеличение жесткости валопровода, уменьшение моментов инерции вращающихся деталей, установку специальных гасителей крутильных колебаний и применение демпфирующих устройств. 2. В случае применения специальных устройств для борьбы с крутильными колебаниями необходима некоторая корректировка рассмотренной методики анализа влияния вынужденных крутильных колебаний.

## **ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОЇ І РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ЕНЕРГІЇ ТРИФАЗНОГО СТРУМУ**

*А.М. Пекалев*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

В сучасних умовах, внаслідок підвищення взаємної відповідальності сторін – учасників ринку електричної енергії, актуальності набуває питання достовірності та точності обліку відпущеної та спожитої електроенергії. Сучасні вимірювальні пристрої здатні в повній мірі реалізувати покладені завдання за умови їх правильного використання. З цієї точки зору підвищуються вимоги до електротехнічного персоналу, що здійснює монтаж, експлуатацію та контроль приладів обліку. Основною причиною, що спричиняє похибки вимірювання параметрів електричної енергії трифазного змінного струму є неправильне ввімкнення приладів, яке приводить до порушення алгоритму їх роботи. Особливо це стосується традиційних систем не основі індукційних механізмів, принцип дії яких ґрунтується на фундаментальних законах електротехніки: електромагнітної індукції та електромагнітної взаємодії. Розглядаються можливі варіанти вмикання ватметрів та лічильників в трифазних системах, проводиться аналіз похибок вимірювання, приводяться схеми рішення, що дозволяють підвищити точність вимірювання. Наводяться співвідношення, що ілюструють причини можливих помилок та показують шляхи їх уникнення. Приводяться векторні та часові діаграми, що пояснюють роботу пристроїв для перевірки правильності вмикання лічильників електричної енергії. Пояснюється робота пристроїв, що використовуються для перевірки правильності схем вмикання лічильників в трифазній мережі змінного струму.

## **ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

*К.С. Деркач*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Розглядаються можливі види пошкоджень силових трансформаторів та як впливають зовнішні та внутрішні короткі замикання на роботу силових трансформаторів. Особливості проведення аналізу існуючих пристроїв релейного захисту та стосується процедури синтезу пристроїв релейного захисту, приводиться відповідні таблиці істинності та формалізовані співвідношення, які використовуються при проведенні синтезу, наводяться векторні та силові діаграми, що використовуються при опису роботи пристроїв релейного захисту. Наводяться схемні рішення пристроїв релейного захисту силових трансформаторів.

## **АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

*М.Ю. Єдаменко*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Розглядаються режими нейтралі трифазних електричних мереж змінного струму, приводяться співвідношення для визначення симетричних силових прямої, зворотної і нульової послідовності при однофазних та двофазних замиканнях ліній електропередачі, наводяться векторні діаграми струмів та напруг, пояснюється вплив режиму нейтралі на особливості дії пристроїв релейного захисту. Розглядаються питання формалізації процедур аналізу та синтезу пристроїв релейного захисту, наводяться приклади синтезу пристроїв в мережах малими та великими струмами замикання на землю.

## **АВТОМАТИЧНЕ ПРИПИНЕННЯ АСИНХРОННОГО РЕЖИМУ**

*М.Р. Манойло*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Для припинення асинхронного режиму у разі його виникнення потрібно застосувати пристрої автоматики, що спроможні відрізати асинхронний режим від синхронних коливань, коротких замикань або інших ненормальних режимів роботи. По можливості вказані пристрої слід виконувати так, щоб вони перш за все сприяли здійсненню заходів, направлених на полегшення умов ресинхронізації, а саме дозволяти: здійснити швидкий набір навантаження турбінами або провести часткове вимикання споживачів (у тій частині системи, в якій виникає дефіцит потужності); зменшити генеровану потужність шляхом дії на регулятори частоти турбін або відключити частину генераторів (у тій частині, в якій є зайва генерована потужність). Автоматичне розділення енергосистеми в заданих точках слід застосовувати після виникнення асинхронного режиму, якщо вказані заходи не приводять до ресинхронізації після продовження заданого числа циклів коливань або при тривалості асинхронного ходу більше заданого значення. У випадках неприпустимості асинхронного режиму, небезпеці або малій ефективності ресинхронізації для припинення асинхронного режиму необхідно зменшити час відключення частини енергосистеми. Пропонується схемне рішення уніфікованого пристрою ліквідації асинхронного режиму, що дозволяє фіксувати статичні перевантаження ліній електропередачі по потужності і визначити кут зсуву фаз між напругою на початку і кінцях ліній, а також швидкості зміни динамічного навантаження ліній електропередачі, що необхідне для запобігання порушенню стійкості системи електропостачання.

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЛІДКІВ УРАЖЕННЯ ЛЮДИНИ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ З УРАХУВАННЯМ ТОЧОК ПРИКЛАДЕННЯ НАПРУГИ**

*В.В. Матьорка*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Чинники, що впливають на характер та наслідки уражень електричним струмом, надзвичайно різноманітні. Значення напруги істотно впливає на величину струму поразки. Однак між цими величинами немає пропорційної залежності через нелінійність електричного опору тіла людини, це змінна величина, що може коливатися в широких межах. Головним елементом, що має найбільший опір організму людини струму, є верхній роговий шар шкіри. Опір шкіри неоднаковий на різних ділянках тіла, тому наслідки ураження можуть залежати від місця контакту електрода з тілом людини. На тілі людини є цілий ряд точок, опір шкіри на яких значно менший ніж на сусідніх ділянках, що співпадає з топографією голковколывання, яке не піддається поясненню. Виходячи з топографічної діаграми розташування точок зниженого опору та відносного значення опорів ділянок тіла людини на можливих шляхах протікання струму, запропоновано математичну модель, що дозволяє дослідити наслідки та ступінь ураження людини електричним струмом за можливих комбінацій взаємного розташування струмоведучих частин та положення людини. Складено тривимірну модель потенційно небезпечних точок приміщення комплектного розподільного пристрою. На підставі запропонованої моделі проведено визначення імовірності та наслідків ураження електротехнологічного персоналу при виконанні робіт по обслуговуванню основного обладнання комплектного розподільного пристрою.