

СЕКЦІЯ 17 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСІВ ОЗБРОСННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Керівники секції: полковник Г.Ю. Гаріфінов;
к.т.н. доцент полковник Г.І. Лагутін
Секретар секції: старший лейтенант Н.М. Рябуха

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО НАПРЯМУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

*Гаріфінов Г. Ю.
Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Аналіз використання автономних джерел живлення для життєзабезпечення зведених загонів в ході проведення антитерористичної операції свідчить про ряд проблем, пов'язаних з електрозабезпеченням в ході ведення бойових дій, а саме:

знищення електротехнічних засобів (далі – ЕТЗ) терористичними формуваннями при їх транспортуванні;

вихід з ладу автономних ЕТЗ в ході їх експлуатації, а саме: пошкодження водяної помпи (не витримує навантаження крильчатка помпи), прогорання прокладки головки блоку циліндрів, вихід з ладу паливної системи агрегатів та муфти приводу генератора, несправність термостату – малий прохідний перетин для забезпечення ефективної циркуляції охолоджуючої рідини, деформація та руйнування гумових ущільнень системи охолодження між блоком циліндрів і головкою блоку циліндрів, зниження тиску масла в системі за рахунок зменшення його густини;

неправильне підключення споживачів електричної енергії і як наслідок вихід з ладу кабельної мережі.

Усунення вказаних пошкоджень потребує від особового складу високого рівня знання матеріальної частини, вміння відновлення електропостачання споживачів при виникненні аварійних ситуацій, якісного проведення всіх видів технічного обслуговування відповідно інструкції з експлуатації, стійких навиків роботи при експлуатації ЕТЗ.

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Лагутін Г. І.¹; Пекельний В. Л.²

¹*Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба*

²*Головне управління оперативного забезпечення Збройних Сил України*

Одним з важливих завдань при формуванні нових концепцій розвитку військової електроенергетики в умовах ведення бойових дій є розвиток теорії

оцінювання й контролю характеристик і показників зразків електротехнічних засобів і систем електропостачання комплексів озброєння й військової техніки.

Аналіз вимог до автономних джерел електричної енергії, що використовуються у збройних силах різних держав при підготовці й веденні бойових дій показав наступне: тактико-технічні вимоги, пропонувані до автономних джерел електричної енергії, повинні визначатися призначенням зразків озброєння й військової техніки; ключовими напрямками підвищення енергетичної безпеки при виконанні бойових завдань є зменшення споживання всіх видів енергії й пально-мастильних матеріалів, а також збільшення коефіцієнта корисної дії джерел і споживачів електроенергії; внаслідок високої уразливості електричних мереж і систем від різних негативних факторів перевагу слід віддавати розвитку інтелектуальних систем децентралізованого електропостачання з використанням поновлюваних і альтернативних джерел енергії в комплексі із заходами щодо зменшення споживання енергії військовими споживачами.

ОЦІНЮВАННЯ ВИМОГ ДО АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАГАЛЬНОВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК І ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Лагутін Г. І., Марчук О.О., Солоненко Д.В.

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Всю множину характеристик і показників автономних джерел електроенергії можна розбити на наступні основні групи: функціональні показники, експлуатаційні показники, конструктивні показники та економічні показники. Зазначені характеристики й показники визначають технічний стан автономних джерел електроенергії. Тому для запобігання передчасного виходу з ладу засобів електропостачання комплексів озброєння й військової техніки представляється актуальним завдання визначення значень характеристик і показників, що найбільш суттєво впливають на їх технічний стан.

Для обґрунтування зазначених характеристик і показників засобів електропостачання доцільно застосовувати методи вирішення задачі про лідера з теорії графів.

Для цього перелік можливих характеристик і показників елементів системи електропостачання може бути представлений у вигляді графа кореляційних зв'язків характеристик елементів системи електропостачання, вершинами якого є характеристики електроустаткування, а дуги відображають кореляційні зв'язки між цими характеристиками.

Тоді для встановлення зв'язків між характеристиками елементів систем електропостачання і їх ранжирування за ступенем важливості можна використовувати методи кореляційного аналізу.

Вирішення сформульованої задачі пропонується здійснювати методами нелінійного й динамічного програмування.

ОСОБЛИВОСТІ ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

*Лагутін Г. І. Мар'єнко А. О. Герасимчук В. О.
Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба*

Системи електропостачання військових об'єктів загальновійськового й спеціального призначення мають складну й розгалужену структуру енергетичних і інформаційних потоків, зв'язаних між собою для забезпечення процесу безперерйного функціонування комплексів озброєння й військової техніки. Електротехнічні засоби, що використовуються в системах електропостачання військових об'єктів, мають низку технічних, експлуатаційних, економічних і інших характеристик.

При проектуванні й експлуатації систем електропостачання комплексів озброєння й військової техніки повинне бути вирішене завдання обґрунтованого вибору й контролю характеристик і показників зразків електротехнічних засобів і систем електропостачання в цілому. Існуючі нормативні документи не завдають можливості обґрунтувати перелік характеристик і показників електротехнічних засобів і систем електропостачання, що підлягають оцінюванню на етапі проектування й контролю на етапі експлуатації. Для встановлення зв'язків між характеристиками елементів систем електропостачання і їх ранжирування по ступеню важливості можливе використання методів кореляційного аналізу.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ МЕТОДАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

*Лагутін Г. І., Малиш О. М., Куцевол А. Р.
Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба*

Однією з технічних характеристик автономних джерел електроенергії для зразків озброєння є їх потужність. Правильне визначення потужності автономних джерел електроенергії дозволяє оптимізувати склад системи електропостачання комплексу озброєння й військової техніки в цілому і її окремих елементів. Зниження значень потужності електростанцій може призвести до перегріву обмоток синхронних генераторів, струмоведучих частин і їх виходу з ладу, а завищення значень потужності електростанцій приводить до нерациональної витрати коштів, недовантаження елементів електростанцій, зниженню коефіцієнту корисної дії й т.п. При виборі потужності автономних електростанцій значну частину інформації одержують із аналізу режимів споживання електричної енергії комплексами озброєння й військової техніки.

Існуючі методи визначення розрахункових навантажень споживачів електричної енергії не повною мірою враховують особливості функціонування комплексів озброєння й військової техніки й не можуть бути використані для вибору потужностей автономних джерел електроенергії для зразків озброєння. Задача визначення розрахункових потужностей комплексів озброєння може бути зведена до стохастичної задачі дослідження операцій. Використовуючи систему диференціальних рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів, можливо

побудувати графік електричних навантажень розглянутого комплексу озброєння, з якого відомими методами можуть бути отримані всі необхідні дані для визначення необхідної потужності джерел електричної енергії.

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ПОЗИЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Малиш О.М.¹, Савін В.І.¹ Федірець Д.О.²

¹Командування Повітряних Сил Збройних Сил України

²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

В залежності від обстановки передислокація електротехнічного підрозділу може здійснюватися як на завчасно підготовлену та обладнану позицію, так і на непідготовлену в інженерному відношенні позицію.

Зміна позиції підрозділу включає наступні етапи: вибір, розвідка та підготовка нової позиції; переведення електротехнічних засобів у похідне положення; побудова похідної колони та здійснення маршу; заняття позиції; переведення електротехнічних засобів у бойове положення.

В усному наказі на марш вказуються: данні про противника; задачі підрозділу, термін готовності на новій позиції та маршрут руху; місця привалів і їх тривалість; сигнали управління колоною на марші; заходи маскувannya та спостереження на марші; сигнали оповіщення про появу повітряного та наземного противника; порядок дій особового складу при повітряному та наземному нападі противника.

Дистанція під час руху між машинами та підрозділами під час маршу вказується командиром підрозділу з урахуванням маршруту руху, умов видимості і стану доріг. Вночі рух здійснюється з застосуванням світломаскувальних пристроїв або з вимкненими фарами.

На привалах підрозділ розміщується розсережено, матеріальна частина та особовий склад маскуються, організовується охорона.

При переводі електротехнічних засобів у бойове положення першочерговими роботами є: розгортання електротехнічних засобів; інженерне обладнання позиції; маскувannya бойової техніки та особового складу; огляд елементів системи електропостачання та перевірка бойових параметрів електротехнічних засобів.

ОСОБЛИВОСТІ ДІЙ НЕЗАКОННИХ ЗБРОЙНИХ ФОРМУВАНЬ НА ШЛЯХАХ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОЛОН ТА НА СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Нечаус А.О.¹, Сакада В. П.¹

Александров С.В.²

¹Головне управління оперативного забезпечення Збройних Сил України

²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Незаконними збройними формуваннями на шляхах переміщення військ можуть бути проведені наступні диверсії: установка невибухових загороджень;

установка підірваних загороджень; дії із засідок по одиночних автомобілях, а також по колонах військ. Для установки невибухових загороджень на дорогах можуть бути використані спіяні дерева. У завали можуть бути встановлені міни-пастки або їх імітація погано замаскованими шматками дроту, погано прикритими дерном вирвами, скопаними або розкиданими ділянками доріг. При установці підірваних загороджень можуть бути використані протигіпхотні міни натяжної дії (радіус ураження живої сили до 30 м) і протитанкові міни (для виводу з ладу бронетанкової техніки).

З метою порушення нормального електропостачання районів розміщення військ можуть здійснюватися диверсії на елементах державної енергосистеми. Найбільш важливими й у край уразливими елементами систем електропостачання є трансформаторні підстанції. Вивід з ладу трансформаторної підстанції може бути здійснений шляхом підризу трансформаторів (заряд вибухівки не менше 3 кг); руйнування ізоляторів (пострілом із гвинтівки, механічним способом, зарядом вибухівки близько 200 г); знищення диспетчерського пункту (гранати або заряд вибухівки близько 5 кг. Високовольтні лінії електропередачі можуть бути виведені з ладу підривом опор, як правило, у незручних, важкодоступних місцях (на крутих схилах, берегах рік, в ущелинах) або улаштуванням коротких замикань.

РОБОТА КОМАНДИРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПО ОРГАНІЗАЦІЇ МАРШУ ТА ПОХІДНОГО ВАРТУВАННЯ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*Уваров В.М.,¹ Світак В.В.¹
Завада С.В.²*

¹*Головне управління оперативного забезпечення Збройних Сил України*
²*Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба*

Марш – це організоване пересування підрозділу в колоні по дорогах і колонним шляхам з метою виходу в призначений район або на зазначений рубіж. Електротехнічний підрозділ завжди повинний бути готовим до маршу в умовах постійної загрози з боку незаконних збройних формувань щодо здійснення дій із засідок, а також руйнувань доріг і переправ. Це вимагає підготовки озброєння, техніки й особового складу до маршу, високої маршової дисципліни й виучки особового складу. У всіх випадках командир повинен забезпечити прибуття підрозділу в призначений район або на зазначений рубіж вчасно, у повному складі й у готовності до виконання бойового завдання.

Підрозділи на марші повинні охоронятися похідним вартуванням. Його основне завдання - виключити раптовий напад незаконних збройних формувань на колону, що охороняється, забезпечити їй вигідні умови для вступу в бій і не допустити проникнення до неї наземної розвідки противника. Дозорне відділення просувається в зазначеному йому напрямку стрибками від укриття до вкриття, ведучи спостереження за прилягаючою місцевістю. Закриті ділянки місцевості, окремі будівлі, узлісся лісу, входи в ущелини й тунелі, де можливо потайливе розташування противника й раптовий його напад із засідок, а також вузькі проходи, мости й інші об'єкти воно оглядає й при необхідності виставляє

попереджувальні знаки. Про все виявлене на шляху руху й про зустріч із противником командир дозороного відділення негайно доповідає командирові, що його вислав.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ДІЙ ПРИ ІНЖЕНЕРНОМУ ОБЛАДНАННІ ПОЗИЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

*Нечаус А.С.,¹ Сиротенко В.В.¹
Нежалківський П.І.²*

¹*Головного управління оперативного забезпечення Збройних Сил України*
²*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Для організації обладнання позиції електротехнічного підрозділу в інженерному відношенні командир підрозділу після прибуття в район розташування повинен: перевірити знання порядку відбиття нападу наземного й повітряного противника, сигналів оповіщення, керування й взаємодії та порядку дій по них особового складу; особисто керувати обладнанням місця для розміщення особового складу, окопів або вкриттів для техніки, маскуванню і технічним обслуговуванням електротехнічних засобів.

Електротехнічний підрозділ звичайно розташовується на позиції комплексу озброєння, використовуючи захисні та маскувальні властивості місцевості. Електротехнічні засоби розташовуються в зазначених командиром місцях під кронами дерев, у ярах, у радіолокаційній тіні від місцевих предметів. Особовий склад розміщається поблизу своєї техніки. Для нього відриваються щілини, а при наявності часу влаштовуються перекриті щілини або бліндажі. Для електростанцій (електроагрегатів) обладнуються окопи й укриття. Місця розміщення особового складу й розташування електротехнічних засобів ретельно маскуються. Поблизу електростанцій обладнуються хибні об'єкти (теплові пастки).

Електротехнічний підрозділ при розташуванні на позиції повинний бути в постійній готовності до відбиття нападу незаконних збройних формувань. З метою не допустити проникнення розвідки супротивника на позиції комплексу озброєння, вчасно виявити появу наземного супротивника, попередити про нього особовий склад і у випадку нападу супротивника завзято обороняти займану позицію призначається сторожове вартування.

ОСОБЛИВОСТІ МАСКУВАННЯ ПОЗИЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*Кусакін Ю.О., Оницьук Б.В.
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Маскування являє собою комплекс заходів, спрямованих на приховання від противника військ і об'єктів і на введення його в оману щодо наявності, розташування, складу, стану, дій і намірів військ.

Для маскувння електростанцій і електроагрегатів, розташованих в окопах і вкриттях, від теплових засобів розвідки над тепловипромінювальними поверхнями влаштовуються додаткові теплові екрани.

Зниження рівня шумів пересувних електростанцій, машин і агрегатів досягається розміщенням їх в укриттях і застосуванням амортизаторів, що зменшують вібрації. При роботі поза вкриттями застосовуються глушники вихлопу, кожухи. Для цього вихлопні гази відводять у яму-глушник. Капот двигуна закривають. Кожухи використовуються для звукоізоляції малорозмірних двигунів електростанцій невеликої потужності. Вони влаштовуються з металу або фанери, із внутрішньої сторони яких прикріплюють звукоізолюючі матеріали (повсть, поролон, пористу гуму товщиною 1-2 см). Укриття для пересувних електростанцій перекивають хворостяними матами в три-чотири шари.

З метою привернути увагу супротивника до хибних об'єктів шляхом показу їх життєдіяльності вночі, може здійснюватися імітація світлових демаскуючих ознак військ. Відтворення світла фар бойової й транспортної техніки на марші при цьому здійснюється світильниками, що входять у комплекти освітлювальних пересувних електричних станцій.

ПОРЯДОК РОЗГОРТАННЯ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

*Уваров В.М., Зарічняк Є.М. Завгородній М.С.
Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба*

Залежно від обстановки, можуть бути передбачені наступні варіанти розташування електростанції (електроагрегату) на позиції: на відкритій місцевості; в укритті; у відсіку польової споруди. У всіх цих випадках позиція повинна забезпечувати наступні вимоги: можливість під'їзду транспортного засобу якнайближче до позиції; розташування в центрі навантажень; зручність обслуговування агрегату; гарні умови охолодження агрегату й забору повітря для одержання горючої суміші; найкращі умови маскувння; зручність постачання паливом і мастильними матеріалами.

При відкритому розташуванні агрегат нічим не захищений від осколків і вибухової хвилі. Відкрите розташування застосовується, якщо виключається можливість вогневого впливу. У протилежному випадку воно допускається лише на час обладнання вкриття.

При розташуванні електростанції (електроагрегату) в укритті улаштовуються: укриття для агрегату; укриття для розрахунку (бліндаж або щілина); ніша для пального й мастильних матеріалів; щілина для майна; укриття для причепа; дві – три осередки для ведення вогню.

У всіх випадках місце розташування станції повинне бути ретельно замасковано підручними матеріалами або табельними засобами так, щоб маскувння не утрудняло керування агрегатом.

Відпрацьовані гази слід відводити убік за допомогою гнучких металевих рукавів у ємність з водою або у яму-глушник. Герметизація вкриттів для агрегатів не передбачається. Укриття захищають агрегати від осколків і послабляють дію вибухової хвилі.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА ВІДОМІ МЕТОДИКИ ВИБОРУ АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ВИКОРИСТОВУВАНИХ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

*Матьорка В.В., Швець М.В., Романюк Е.І.
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.*

При модернізації та закупівлі нових комплексів озброєння і військової техніки для Збройних Сил України одночасно повинна бути вирішена задача переоснащення та заміни джерел електроенергії. В рамках вирішення цього завдання необхідно визначитися з тим, які джерела електричної енергії потрібні для забезпечення потреб Збройних Сил України і скільки їх потрібно для виконання завдань, покладених на Збройні Сили, за умови підтримання на заданому рівні їх бойового потенціалу.

Користуючись даними про кількість електростанцій і електроагрегатів в Збройних Силах України, цінами на електротехнічні засоби загальновійськового та спеціального призначення, а також паспортними даними електростанцій (електроагрегатів), можуть бути знайдені функції розподілу потужності різних груп споживачів $F(x)$, функції вартості виробництва однієї електростанції (електроагрегата) $C_{\Pi}(x)$ відповідного типу, а також функції витрати палива $k_{\Gamma}(x)$ і мастила $k_{CM}(x)$, функції вартості проведення відповідного виду технічного обслуговування і ремонту $C_{TO1}(x)$, $C_{TO2}(x)$, $C_{пр}(x)$, $C_{КР}(x)$ та середня кількість проведених протягом року основних видів технічного обслуговування ремонтів різних типів електростанцій (електроагрегатів).

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РЯДУ ТИПОНОМІНАЛІВ АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРОАГРЕГАТІВ

*Матьорка В.В., Зарічняк Є.М., Коробченко І.В., Внуков О.О.
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Вирішення одновимірної задачі вибору типоміналів силових трифазних дизельних електроагрегатів 400 В 50 Гц при інтегральній функції розподілу потужності $F_{СП}(x)$, функції вартості виробництва $C_{\Pi АДГ 400/50}(x)$ ³ урахуванням витрат на експлуатацію $C_3(x)$

В результаті обчислень отримуємо залежність значення цільової функції від кількості типоміналів електроагрегатів $S_M(N)$. Значення \check{N} , при якому залежність $S_M(N)$ приймає найменше значення, і визначає шукану оптимальну кількість типоміналів електроагрегатів. При цьому можуть бути визначені потужності \check{X}_K оптимального ряду потужностей електроагрегатів і максимально допустима кількість електроагрегатів кожного типомінала.

В силу слабкої виразності екстремуму представляється доцільним вибрати квазіоптимальний ряд потужностей. Очевидно, що оптимальні (квазіоптимальні) значення ряду потужностей, розраховані виходячи з вимоги досягнення точного мінімуму цільової функції, є незручними при використанні і важко реалізованими при проектуванні та виготовленні.

Тому необхідно врахувати додаткові умови, пов'язані зі стандартизацією. Розглядається вибір фіксованих значень потужностей з ряду кращих чисел. Ряди кращих чисел забезпечують стандартизацію та уніфікацію електротехнічних засобів. Їх застосування дозволяє отримати раціональну систему градацій, що відповідає потребам виробництва і експлуатації, і дає можливість для необмеженого розвитку параметрів в напрямку їх збільшення або зменшення.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ПОТУЖНОСТЕЙ ТА КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРОАГРЕГАТІВ

Матьорка В.В., Кривонос М.К.

Харківський університет Повітряних Сил ім І. Кожедуба.

При вирішенні завдання вибору потужностей та кількості електроагрегатів для електропостачання військового об'єкта можна зробити висновок про те, що для розв'язання задачі доцільно використовувати методи лінійного програмування з мінімізацією економічних витрат. Це обумовлено тим, що постановка розглянутої задачі як задачі динамічного програмування припускає нелінійність цільової функції, що значно ускладнює процес вирішення завдання. У той же час, якщо в якості невідомих змінних взяти не сумарну потужність x_k електроагрегатів k -го типоміналу, а їх кількість n_k , визначивши попередньо потужності x_k електроагрегатів кожного типоміналу при вирішенні задачі вибору оптимального ряду типоміналів автономних електроагрегатів, то задача вибору потужностей і кількості електроагрегатів для електропостачання військового об'єкта може бути представлена у вигляді задачі лінійного програмування.

ВИЗНАЧЕННЯ КИДКІВ СТРУМІВ ТА ПРОВАЛІВ НАПРУГИ ПРИ ПУСКУ ДУГОСТАТОРНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Рябуха Н.М.

Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба

Для забезпечення безаварійної роботи електропривода антен радіолокаційних станцій використовують систему захисту, яка спрацьовує при коротких замиканнях в колі живлення електричного двигуна. Пускові струми в колах статорних обмоток електричних двигунів не відрізняються від струмів при коротких замиканнях й для різні способи обмеження. Налаштування уставок релейного захисту необхідно мати можливість розрахувати значення пускових струмів електроприводу. Відомо, що при пуску асинхронного двигуна з

короткозамкненим ротором, живлення якого здійснюється від автономного джерела живлення, потужність якого незначно перевищує потужність запускаемого електричного двигуна, можливі провали напруги, які порушують нормальну роботу системи електропостачання. З'ясування значень пускових струмів й можливих провалів напруги в процесі пуска електропривода необхідно для забезпечення функціонування його системи захисту.

В відомій літературі багато уваги приділено питанням визначення пускових струмів асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Використання асинхронних двигунів з круглим статором потребує використання механічного редуктора для отримання потрібних значень кутових частот обертання антени. Доведено, що вимагаємі частоти обертання привода й потрібні значення моменту обертання можливо отримати, якщо використовувати для привода асинхронний двигун з дуговим статором. Питання визначення значень пускових струмів й можливих провалів напруги в процесі пуска асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в відомій літературі практично майже не розглядалися, а особливості процесу пуска при живленні від джерела обмеженої потужності в відомій авторам літературі не вивчалися.

Доповідь обґрунтовує отримані аналітичні співвідношення, які використовуються при інженерних розрахунках пускових струмів й провалів напруги, що мають місце в процесі пуска дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, який живиться від автономного генератора обмеженої потужності. Для отримання рівнянь, що описують процес пуска, будемо розглядати генератор як уявляему електричну машину, що має статорні обмотки в повздовжній d та поперечній q вісях та має обмотку збудження й дві заспокійливі обмотки, відповідно по вісям d та q . Для запису рівнянь дугостаторного електричного двигуна з короткозамкненим ротором будемо вважати, що двигун має статорні й роторні обмотки, які розміщені у повздовжній d та поперечній q вісях, причому роторні обмотки є короткозамкненими, а частота обертання ротора двигуна відрізняється від синхронної частоти. Для отримання диференціальних рівнянь рівноваг напруг використовується матрична форма запису та система відносних одиниць.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДУГОСТАТОРНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Кононов Б. Т., Рябуха Н.М.

Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків Харківський університет

Для отримання потрібних значень швидкості обертання антен радіолокаційних станцій, частіше за все, привідний асинхронний електричний двигун з короткозамкненим ротором об'єднують з механічною передачею (редуктором). Редуктор здійснює зміну кутової частоти та момента обертання відповідно до вимагаємої залежності. Використання механічної передачі, іноді називаємої контактним приводом, приводить до значного зносу вала, фрикційних муфт та підшипників, вимагає підвищення номінальної та пускової потужності електричного двигуна. Кардинальне вирішення всіх проблем, пов'язаних в використанні механічної передачі, полягає в відмові від

використання редуктора й створення відповідного безконтактного привода лише на базі асинхронного електричного двигуна з короткозамкненим ротором. Спроби створення безконтактного привода з асинхронним двигуном не дали позитивного результату тому, що у електричних двигунів з круглим статором при невеликій частоті обертання потрібно мати велику кількість котушок обмоток, що знижує надійність. Крім того, такі електричні машини мають низький коефіцієнт корисної дії та низький коефіцієнт потужності, ускладнюються вирішення питань їх охолодження. Разом з тим, у асинхронного двигуна є можливість отримання малих значень кутівих частот обертання, потрібних, наприклад, для приводу антен радіолокаційних станцій, якщо виконати статор не круговим, а дуговим. Уявлення про дуговий статор можливо отримати, якщо умовно розімкнути круговий статор й розвертати його в дуги зростаючого радіуса до отримання центрального кута α . Відношення між частотами обертання й моментами двигуна з дуговим й круговим статором дорівнює відношенню центрального кута α та 2π . Таким чином, у електричній машини з дуговим статором здійснюється електромагнітна редукція. З'ясування процесів, які відбуваються в двигунах з дуговим статором, є важливою та актуальною науково-технічною задачею, практична значущість якої зростає, виходячи з необхідності створення безредукторного привода перспективних радіолокаційних станцій. Матеріали, що викладені в відомих роботах, дозволять здійснювати оцінювання можливостей, пов'язаних з використанням дугостаторних електричних машин, та обґрунтувати конструктивні рішення, які дають змогу більш повно та краще реалізувати певні переваги таких електричних машин. Разом з тим, в відомих працях не розглядалися питання, пов'язані з вивченням особливостей роботи дугостаторних електричних машин в динамічних режимах роботи, наприклад, в процесах їх пуску та регулювання частоти обертання, тобто в таких режимах роботи, коли для з'ясування динамічних змін напруг, струмів та потокозчеплень потрібно використовувати диференціальні рівняння, що описують електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси. В доповіді доводиться можливість отримання явища електромагнітної редукції та обґрунтовується рівняння, що описують перехідні процеси в дугостаторних електричних машинах.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМИХ ВИТРАТ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА БОЙОВУ ПІДГОТОВКУ

*Новічонок С.М. к.т.н. доц., Дробот О.А. к.т.н. с.н.с., Гурін О.М.
Харківський університет Повітряних Сил*

При плануванні витрат на БП звичайно застосовують їх структурування за різними ознаками: за часом, за видами витрат, за видами підготовки, за категоріями тих, хто навчається.

Розвиток ЗС України вимагає постійного удосконалення системи бойової підготовки (БП). Важке економічне становище України викликає необхідність більш ретельного планування рсходов на бойову підготовку. Структура витрат що запропонована в діючих документах дуже зручна для аналізу узагальнених даних по витратах на БП. З іншої сторони вона не дозволяє повною мірою розкрити внутрішню сутність процесу витрати ресурсів.

Складність рознесення витрат усередині існуючої структури витрат приводить, як правило, до їх значного огрубління на основі фактичних витрат на підставі минулого досвіду. В результаті відбувається закладка "запасу" в одних випадках і дефіциту в інших.

Пропонується нова структура витрат, яка заснована на врахуванні (прогнозі) витрат матеріальних ресурсів. Пропонований підхід пов'язаний з новою системою стандартів підготовки. Пропонована структура дозволяє одержувати питомі значення витрат ресурсів на заняття починаючи від окремого військовослужбовця.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПЛЕКСІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ФЕРОРЕЗОНАНСІ

*Мушаров А.О.; Добришкін Ю.М., к.т.н.; Салій О.О., к.військ.н, доц.
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Представлення систем електропостачання комплексів озброєння і військової техніки у вигляді схем заміщення дозволяє досліджувати процеси, які протікають в елементах системи електропостачання, за допомогою спрощених схем дисипативних систем. Врахування нелінійності характеристик таких елементів системи електропостачання, як силові трансформатори, дозволяє дослідити зміни напруги і струму в системі при виникненні явища ферорезонансу напруг або ферорезонансу струмів. Для визначення значень напруг та струмів, які виникають в електричних колах при ферорезонансі, потрібно знайти рішення відповідних аналітичних співвідношень. Такі аналітичні співвідношення мають вигляд нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку, які встановлюють залежність напруги або струму від поточкозчеплення у нелінійній індуктивності. Запропоновано для знаходження рішення вільних складових диференціальних рівнянь використовувати ітераційний метод, при якому вихідне нелінійне диференціальне рівняння розбивається на дві частини. Перша з них буде являти собою лінійне диференціальне рівняння, аналітичне рішення якого можливе. Друга частина містить нелінійну складову. Рішення лінійного диференціального рівняння дає нульове наближення рішення нелінійного диференціального рівняння. Нульове наближення рішення та нелінійна складова використовуються для отримання уточнень, які разом з нульовим наближенням утворюють перше наближення рішення вихідного нелінійного диференціального рівняння. Для отримання більш значної точності цей прийом слід використати вдруге й отримати друге наближення рішення. Встановлено, що характер перехідного процесу визначається співвідношенням між значеннями коефіцієнтів в вихідних диференціальних рівняннях, що описують явище ферорезонансу. Нелінійність, яка має місце при ферорезонансі, призводить до появи вищих гармонійних складових, що створюють закономірності зміни поточкозчеплення. При цьому має місце як зміна амплітудних значень поточкозчеплення, так і зміна частот вимушених коливань, які зростають зі зростанням характеру нелінійності.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ НАДІЙНІСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Ольшанский О.С.

Надійність електричних станцій під станцій, ліній електропередачі, електронних систем та іншого електротехнічного обладнання є основною технічною вимогою.

Оптимальний рівень надійності електроенергетичних установок можна визначити, оцінювавши збиток, пов'язаний з перервою електропостачання приводиться методика розрахунку надійності електротехнічного устаткування та оцінки збитку.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО КУТА ВИПЕРЕДЖЕННЯ ПОДАЧІ ПАЛИВА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРІВ 10Д100М

Рикун В.Г., к.т.н., доц., Зварич Д.С.,

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Розроблені до теперішнього часу методи й засоби діагностики не дозволяють вимірювати подачу палива з необхідною нормативами точністю. Розкид значень кута ВПП по циліндрах може бути обумовлений такими факторами:

- порушеннями геометрії профілю кулачків кулачкового вала при його виготовленні в заводських умовах;
- невеликими відхиленнями в з'єднанні секцій кулачкового вала;
- індивідуальним зносом кулачків в процесі роботи дизеля;
- змінами взаємного положення кулачків внаслідок скручування вала в процесі роботи;
- сумарним зносом деталей штовхачів.

Встановлюваний інструкцією з експлуатації метод регулювання паливної апаратури при складанні дизеля не враховує цих факторів, що й обумовлює необхідність подальшого коректування кута за результатами вимірювання максимального тиску в циліндрах. Вирішення цієї проблеми - вимірювання фактичного кута ВПП по кожному паливному насосу і подальше коректування розміру «К» для нього (товщини комплекту прокладок) за результатами виконаних вимірів. Вимірювання фактичних кутів ВПП по циліндрах показує, що їх розкид на одному дизелю, як уже зазначалося, часто досягає восьми і більше градусів повороту колінчастого валу. Після відповідного коригування розміру «К» (зміни товщини регульовальних прокладок) по кожному насосу розкид значень кутів ВПП не перевищує допустимих меж. При виконанні реостатних випробувань такого дизеля ніякі додаткові роботи, пов'язані з регулюванням паливної апаратури, вже не потрібні, що дозволяє істотно скоротити час випробувань.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ

Пахолко М.О., Разживін В.П.

В зв'язку з тим, що система управління представляє собою сукупність об'єкта управління та засобів управління, а будь-які методи представляють собою сукупність моделей та алгоритмів управління, виникає науково-технічна задача створення таких моделей та алгоритмів, які б були спроможні підвищити ефективність систем управління. Систему управління можна представити сукупністю системи управління технічним станом та системи управління функціональним станом. З іншого боку ядром системи управління технічним станом являється система контролю та діагностування.

Тому основними напрямками вдосконалення методів синтезу систем автоматичного управління є вдосконалення моделей об'єктів, вдосконалення алгоритмів функціонування та контролю, декомпозиція системи на підсистеми.

При аналізі і розробці процедур визначення технічного стану об'єкта часто використовується таблична модель об'єкту. Таблиця, що відповідає реакціям об'єкту на всі допустимі елементарні перевірки для всієї безлічі можливих технічних станів, називається таблицею функцій несправності об'єкту (ТФН). За допомогою ТФН може бути вирішена задача побудови мінімального набору елементарних перевірок.

Великі можливості зменшення об'єму ТФН закладені в обліку апріорної вірогідності виникнення тих або інших станів. Маловірогідні стани можна згрупувати в одне, тоді більш вірогідні стани можна виявляти з достатньою глибиною при обмеженому об'ємі ТФН.

Ефективних формалізованих шляхів скорочення розміру ТФН практично немає. В цьому полягає основна причина пошуків і розробки більш економічних діагностичних моделей об'єктів.

Ефективність алгоритмів залежить від багатьох факторів. Єдиного підходу для оцінки ефективності алгоритмів нема. Часто алгоритми порівнюються за їх довжиною, не зважаючи на інформаційні властивості алгоритмів.

Алгоритм діагностування являє собою сукупність тестів, їхня послідовність і правила обробки їхніх результатів. Він зображується сукупністю маршрутів, що зв'язують початкову вершину з кінцевими, що може бути представлено графом.

При безумовних алгоритмах вершинам однакового рангу зіставлені однакові перевірки, а послідовність перевірок але залежить від їхніх результатів. Відмітна ознака умовного алгоритму - наявність вершин одного рангу, яким зіставляються різні перевірки, і залежність цих перевірок від результатів попередніх. Із проходженням всіх маршрутів графа зв'язаний певний обсяг інформації, що підлягає зберіганню й аналізу. Ця характеристика діагностування зветься інформаційною ємністю алгоритму (ІЕА).

$$I = \log_2(\nu_K + \nu_{II}) = \log_2 \nu = \log_2 M_D, \quad (1)$$

де ν_K, ν_{II} – кількості кінцевих, і проміжних вершин графа.

Загальний вираз для ІСА має вигляд

$$I = \log_2 \left(\frac{M-r}{r-1} + M + 1 \right) = \log_2 \left(\frac{Mr-r'}{r-1} + 1 \right), \quad (2)$$

де $2 \leq r' < r$.

За інших рівних умов ІСА збільшується при зменшенні r досягаючи максимуму для повністю дихотомічних графів, підставляючи значення $r=2$ в (2), одержуємо

$$I_{max} = \log_2 \left(\frac{M-2}{2-1} + M + 1 \right) = \log_2 (2M - 1) \quad (3)$$

На етапі аналізу алгоритмів існують два шляхи підвищення їхньої ефективності: зменшення ІСА й скорочення середньої довжини маршруту з урахуванням апріорної ймовірності різних станів об'єкта. Як видно з (2), ІСА залежить від числа станів об'єкта й числа можливих результатів перевірок. Потужність безлічі станів об'єкта визначається кількістю елементів, що діагностуються, і числом помітних станів кожного елемента. У завдання діагностики, як правило, не входить визначення характеру несправності, тому для зменшення ІСА варто вибирати такі перевірки, які мають однакові реакції при всіх дефектах даного елемента.

Підвищення інформативності тестів не тільки зменшує ІСА, але приводить до зниження максимального рангу кінцевих вершин.

З урахуванням сказаного вище одержимо, що ІСА будь-яких повно алгоритмів лежить у межах

$$\log_2 (M + 1) \leq I \leq \log_2 (2M - 1) \quad (4)$$

Інший шлях зменшення ІСА пов'язаний із застосуванням алгоритму з відновленням. Особливість цього алгоритму полягає в тому, що він вважається закінченим, якщо встановлено справність об'єкта, і його дія припиняється, якщо виявлено деяку підмножину, всі стани якого характеризуються дефектом одного або деякої групи елементів незалежно від стану всіх інших.

ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ МАГНІТНОГО ПОТОКУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Домінчак С.А., Щека В.М.

Електрична енергія в силових трансформаторах передається за допомогою магнітного потоку. Отже, синусоїдальність напруги на вторинній обмотці трансформатору безпосередньо залежить від синусоїдальності магнітного потоку. В свою чергу, магнітний потік в трансформаторі створюється струмом первинної обмотки, який утворюється різницею між прикладеною напругою і ЕРС первинної обмотки. Для отримання синусоїдального магнітного потоку необхідно

отримати в первинній обмотці трансформатора несинусоїдальний струм, що намагнічує та містить переважно третю і п'яту гармоніки.

У роботі пропонується ввести в первинну обмотку трансформатора вищі гармоніки третього і п'ятого порядку зовнішнім шляхом, або шляхом створення їх в самому трансформаторі.

РЕВЕРСИВНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА БАЗІ МАГНІТНО-ВЕНТИЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Назарчук О. С.

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 періода живлячої напруги. Навантаження вмикається на виході двох груп ВМП, завдяки чому виключається потреба баластного опору, що значно підвищує К.К.Д. 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 пропонуваний реверсивний ВМП може ефективно використовуватися в автоматизованому електроприводі.

КОМПАКТНЫЙ СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА, РАБОТАЮЩЕГО В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Чумак В.В.¹, к.т.н., доц.; Монахов Е.А.²

¹*Национальный технический университет Украины*

²*«Киевский политехнический институт»*

Вооруженные силы нашей страны заинтересованы в создании и использовании энергетических установок на базе микротурбин, которые работают в паре с синхронным генератором с возбуждением от постоянных магнитов для заряда аккумуляторов различных электронных устройств, в т.ч. средств связи, переносных дефибрилляторов и другого применения. Низкая плотность энергии существующих портативных батарей ограничивает мобильность личного состава в полевых операциях. Перспективным является применение в качестве

генерирующей системы высоконадежных бесконтактных синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов с высокой степенью защиты, например, IP68, и с высокой удельной мощностью на единицу массы и объема. В таблице 1 приведено сравнение различных типов электрических машин, выпускаемых в странах СНГ с возбуждением от постоянных магнитов: двигатель постоянного тока с полым ротором ДПР62, двигатель постоянного тока ДПМ 35, синхронный двигатель с постоянными магнитами СДПМ-6, СДПМ-4, предлагаемый торцевой магнитоэлектрический генератор (ТМГ).

Таблица 1

Параметр	ДПР-62	ДПМ-35	СДПМ-4	СДПМ-6	ТМГ
Диаметр, м	0,062	0,035	0,055	0,102	0,068
Длина, м	0,059	0,245	0,025	0,02	0,05
D^2L , м ³	0,00023	3e-05	7,6e-05	0.000208	0,00023
Мощность, Вт	5,12821	5.1282	3,07692	53,846	31
Мощность на единицу объема, Вт/м ³	22611,5	170868.9	40686,6	258776,24	134083
Отношение к ТМГ	0,16864	1.2743	0,30344	1,9299	1

Из таблицы видно, что самым высоким показателем удельной мощности на единицу объема является синхронный двигатель СДПМ – 6. В конструкции СДПМ – 6 постоянные магниты расположены радиально. Более высокий массогабаритный показатель обеспечивается 3-х фазной обмоткой, а также более высоким КПД, что связано с вышеуказанной причиной, а также с применением более сильных магнитов ЮНДК -24. Достаточно низкое соотношение имеет СДПМ – 4, в котором применяются аксиально намагниченные магниты марки ЮНДК – 15, имеющие более низкие энергетические показатели по сравнению с ЮНДК – 24. Самым низким соотношением обладает двигатель постоянного тока ДПР – 62. Столь низкие показатели являются следствием использования полого ротора. Исходя из вышеизложенного, наиболее оптимальной с точки зрения компактности и достаточно высокой удельной мощности на единицу объема и массы является торцевая конструкция торцевой магнитоэлектрической машины, на которую получен патент Украины №106842.

Конструкція обладает значительной степенью надежности, что обеспечивает защиту от ударных нагрузок, защиту активных материалов от внешней агрессивной среды, вибрации и т.д. Был изготовлен опытный образец синхронного генератора предложенной конструкции и испытан в лаборатории микромашин кафедры электромеханики НТУУ «КПИ».

Генератор имеет следующие показатели с постоянными магнитами марки NdFeB N38H. В таблице 2 приведены номинальные значения генератора при разной частоте вращения при условии стабилизации напряжения.

Таблица 2

Частота вращения, об/мин	Частота генератора, Гц	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт
1000	50	12	1,12	13,44
3000	150	48	0,8	38,4

Таким образом, перспективным направлением является разработка отрезка серии маломощных синхронных генераторов торцевого типа на постоянных магнитах NdFeB и SmCo₅ для создания маломощных передвижных или переносных энергетических установок.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ

Ольховіков С.В.¹, к.т.н., с.н.с.; Швидков С.М.²;

¹Харківський університет Повітряних Сил, м. Харків

²Метрологічний центр військових еталонів

У доповіді показані основні задачі пересувних електростанцій в системі підтримки озброєння та військової техніки в боєздатному стані.

Для підвищення технічної справності пересувних електростанцій, забезпечення безаварійної експлуатації та своєчасності виявлення можливих відмов пропонується перейти до їх експлуатації за технічним станом. Для цього необхідно:

– розробити та впровадити заходи з удосконалення системи контролю технічного стану пересувних електростанцій з врахуванням особливостей їх експлуатації за технічним станом;

– організувати збір, аналіз і узагальнення інформації про технічний стан та надійність пересувних електростанцій; вивчити досвід їх експлуатації, визначити можливості продовження установлених показників експлуатації;

– запровадити передовий досвід технічної експлуатації пересувних електростанцій у систему їх технічного обслуговування, удосконалити контрольно-перевірочну, діагностичну та еталонну бази та систему ремонту;

– виявити та дослідити негативні тенденції у зміні технічного стану пересувних електростанцій та своєчасно реагувати на зниження ефективності їх застосування.

Таким чином, врахування зазначених пропозицій дозволить перейти до експлуатації пересувних електростанцій за технічним станом, за рахунок цього підвищиться ефективність їх використання.

ВИСОКОВОЛЬТНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ КЛІСТРОНА

Панченко А.М., к.т.н. доц.

Харківський університет Повітряних Сил імені І.Кожедуба

Відомо, що елементна база комплексу С300 розроблялася декілька десятиліть тому, в повній мірі це стосується і підходів щодо побудови різноманітних джерел живлення. Зокрема досить архаїчно, на даний час, представляється високовольтне стабілізоване джерело живлення клістрона. Відомо, що блок живлення забезпечує поступове зростання напруги до 21 кВ, та її стабілізацію. Його принцип дії базується на електромеханічних елементах, тому швидкодія вкрай низька. Функція стабілізації виконується регулюючою лампою ГУ-74Б (час готовності якої 150с.) Для комплексів ЗРВ нормативний час, що відводиться для розгортання обладнання та тривалість перевірки на функціонування є досить важливим параметром, в залежності від обставин, може варіюватися від 2,5 -5 хвилин і як з'ясувалося 150с і з них необхідно для лампи стабілізатора ГУ-74Б. Хоча безпосередньо готовність клістрона може вкладатися в 5с. Тому пропонується високовольтне джерело живлення клістрона з високочастотним силовим трансформатором з розподіленим магнітопроводом та стабілізацією і регулюванням вихідної напруги шляхом варіювання комбінаціями вмикання елементів силового трансформатора електронними ключами під управлінням контролером. Запропонований варіант надає змогу 2-2,4 рази поліпшити вагогабаритні показники блока живлення клістрона та вивести його в готовність до застосування через 1-2хв.