

КІРОВОГРАДСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

На правах рукопису

ДЖУМА Ахмад

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ**

Спеціальність 05.13.07 «Автоматизація технологічних
процесів та виробництв»

Автореферат дисертації
на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук


Кіровоград 1996

321.37

АВ 36.65

Дисертація є рукописом.
Роботу виконано в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760938 (X)

Наукові керівники: кандидат технічних наук, доцент
Пащенко Василь Федорович,
професор, доктор технічних наук, академік
Носов Григорій Романович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с. н. с.
Болотін Віктор Моїсейович,
кандидат технічних наук, доцент
Плешков Петро Григорович.

Ведуча організація: Кримський сільськогосподарський інститут,
м. Сімферополь.

Захист відбудеться « 4 » лютого 1997 р. о 12 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 13.01.02 по захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук у Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, м. Кіровоград, пр. Правди, 70-А, зал засідань вченої ради інституту.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, м. Кіровоград, пр. Правди, 70-А.

Автореферат розісланий « 31 » грудня 199 6 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради кандидат
технічних наук, доцент

Каліч В. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Світовий розвиток енергетики визначається потребою в енергії, з ростом якої (потреби) все відчутнішою стає проблема її повного і своєчасного забезпечення. Вичерпання запасів традиційних джерел енергії, зростання складності їх видобування приводить до необхідності розробки нових технологій одержання та перетворення енергії, заснованих, зокрема, на відновлювальних джерелах — енергії сонця та вітру.

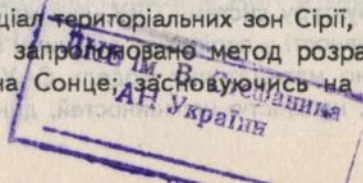
Для ряду країн, у тому числі й для України, роль відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у паливно-енергетичному балансі вже найближчим часом буде визначальною. Для Сирії, вибраної об'єктом дослідження, в силу майже повної відсутності внутрішніх запасів традиційних джерел енергії, значення ВДЕ відчутно вже зараз. Здобуті в багатьох країнах успіхи на шляху зниження вартості сонячних батарей та вітрових установок і підвищення їх ефективності зміщують гостроту проблеми в бік пошуку шляхів їх раціональної експлуатації, до недостатньо дослідженої частини якої належить створення системи автоматичного управління (САУ) сукупністю сонячних і вітрових установок (СВУ), розташованих на значній віддалі та функціонуючих у різних змінюваних у часі умовах.

Створення таких САУ сприяло б взаємній компенсації недостачі вихідної потужності сонячних установок (СУ) надлишком вихідної потужності вітрових установок (ВУ) і, навпаки, викликаних непередбаченою динамікою сонячного випромінювання та сили вітру, що в умовах зростаючих вимог забезпечувати гарантоване і надійне енергопостачання господарств, характеризує тематику дослідження як актуальну на сьогоднішній день і на перспективу.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою роботи є створення системи автоматичного управління відновлюваними джерелами енергії (САУ ВДЕ) — сонячними та вітровими установками — в умовах їх експлуатації на території Сирії. Для досягнення поставленої мети досліджено і вирішено коло наступних проблем:

базуючись на статистичних даних метеостанцій, в роботі ставилося питання визначити вітровий потенціал Сирії, вибрано конструктивні параметри вітрових установок і запропоновано методику вибору місць їх розташування на території країни;

визначено сонячний потенціал територіальних зон Сирії, вибрано параметри сонячних батарей і запропоновано метод розрахунку кутів їх просторової орієнтації на Сонце; засновуючись на одержаних



значеннях вітрового та сонячного потенціалів, створено математичну модель САУ ВДЕ на рівні фермерського господарства (для локальних територіальних зон) і на рівні країни в цілому;

визначено критерії оптимальності для оцінки функціонування САУ ВДЕ на концептуальному рівні та опрацьовано вимоги до САУ ВДЕ фермерського господарства на рівні технічної реалізації;

розроблено структурну і принципову схеми САУ ВДЕ та необхідне для її експлуатації програмне забезпечення;

визначено техніко-економічні показники САУ ВДЕ в лабораторних і господарських умовах.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ — концепція системи енергопостачання Сирії та її локальних зон, відновлювальними джерелами енергії якої є СУ і ВУ.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Теоретичні дослідження базуються на методиці планування експерименту, методах обробки статистичних даних, методологічних принципах системного аналізу і синтезу, теоретичних положень теорії автоматичного управління.

Моделювання процесів і розрахункова частина досліджень виконувалась на ПЕОМ IBM AT/486 шляхом розробки і експлуатації моделюючих і розрахункових програм.

Експериментальні дослідження виконувались за допомогою серійних вимірювальних пристроїв із використанням розроблених для цієї мети лабораторних установок.

НАУКОВА НОВИЗНА. На підставі показників 18 метеостанцій Сирії здійснено апроксимацію даних для 719 локальних територіальних зон, що дозволило сформувати карту вітрового потенціалу країни.

На підставі географічних даних про координати локальних територіальних зон Сирії і висоти їх над рівнем моря, виконано розрахунок попадаючої на них енергії Сонця, що дозволило сформувати карту сонячного потенціалу країни.

Уперше аналітично виведено формули розрахунку кутів орієнтування сприймаючих елементів (СЕ) СУ на Сонце та обґрунтовано недоцільність використання слідкуючих систем у варіанті запропонованої в роботі орієнтації СЕ.

Виявлено недосліджену раніше в САУ ВДЕ властивість суттєвого впливу фактора часу (t -фактора) на ефективність структури системи СВУ, що по ньому формується; його аналіз дозволив сформувати оптимальну структуру системи СВУ, яка майже в 6 разів покращує показник ефективності у порівнянні з іншими варіантами структур.

Створено математичну модель САУ ВДЕ, що відрізняється багатомірністю, наявністю нелінійностей, динамічних змінних і погано іден-

тифікованих величин; її перетворення до робочої форми дозволило сформулювати вимоги до САУ ВДЕ.

Запропоновано структурну і принципову схеми САУ ВДЕ, алгоритм управління системою СВУ і реалізуючу його функції програму автоматичного управління ВДЕ у складі САУ.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. Сформовані карти вітрового і сонячного потенціалів дозволяють оцінити перспективність і дати рекомендації використання в умовах цієї країни вітрової та сонячної енергії.

Запропонований спосіб оптимізації структури системи СВУ дозволяє вибрати найбільш економічно вигідний варіант розміщення СУ і ВУ.

Пропозиції по орієнтуванню СЕ СУ на Сонце дозволяють відмовитись від комплектування СУ дорогими системами слідкування.

Розроблена САУ ВДЕ дозволяє задовольнити потреби в електроенергії в умовах зміни природних факторів, характерних для Сирії, шляхом взаємної компенсації диспропорцій вихідних потужностей СУ і ВУ та спрямовувати надлишок енергії до загальної мережі, що підвищує надійність енергопостачання і гарантованість повного та своєчасного задоволення потреби в ній.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Результати науково-дослідницької роботи враховано при виконанні «Державної програми виробництва на підприємствах країни технологічних комплексів, машин та устаткування для сільського господарства, харчової та переробної промисловості» та національної програми Сирійської Арабської Республіки «Створення джерел електричної енергії для забезпечення сільськогосподарського виробництва».

Систему автоматичного управління відновлювальними джерелами енергії впроваджено на підприємстві ВАТ «Таксомоторний парк» (м. Кіровоград), а також всі матеріали, необхідні для проведення НДОКР, передано українсько-сирійському сумісному підприємству «Алькатеб», яке займається впровадженням розробки в Сирії.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі «Автоматизація виробничих процесів» Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування.

Реалізацію результатів підтверджено відповідними документами.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення і результати роботи заслухано та обговорено: на науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів і співробітників КІСМу (м. Кіровоград, 1991, 1992, 1993 рр.) на міжнародній науково-технічній конференції з питань розвитку механізації, автоматизації і технічного сервісу АПК в умовах ринкових відносин (м. Глеваха, 1994 р.)

НА ЗАХИСТ ВІНОСИТЬСЯ:

обґрунтування перспектив розвитку і використання ВДЕ Сірії;
обґрунтування розміщення ВУ та їх конструктивних параметрах;
пропозиції по орієнтуванню СЕ та конструктивних параметрах СУ;
метод оптимізації структури САУ ВДЕ;
математична модель САУ ВДЕ;
система автоматичного управління ВДЕ.

КОНКРЕТНИЙ ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК. Зібрано, систематизовано та оброблено статистичні дані метеостанцій Сірії по розі вітрів і географічні дані про рельєф країни. Отримано і проаналізовано карти вітрового та сонячного потенціалів, зроблено висновки про їх використання. Здійснено підборку, аналіз і вибір конструктивних параметрів САУ ВДЕ для фермерського господарства, розроблено відповідні структурну і принципову схеми САУ ВДЕ, алгоритм управління та реалізуюча його функції програма управління САУ ВДЕ з використанням ПЕОМ.

Загальна доля участі в опублікованих у співавторстві працях складає 40-70%.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в 7 роботах.

ОБ'ЄМ І СТРУКТУРА РОБОТИ. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків і рекомендацій, списку літератури із 107 найменувань, додатків. Загальний об'єм дисертації 135 сторінок, у тому числі 13 таблиць і 40 малюнків.

ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП. Обґрунтовано актуальність виконаного дослідження, сформульовано задачі дослідження та основні положення, що виносяться до захисту.

РОЗДІЛ 1. Перспективи розвитку і використання ВДЕ.

Відзначено, що потенційні можливості ВДЕ в багато разів перевищують теперішні потреби людини і ті, що прогнозуються. В якості перспективних ВДЕ вибрано СУ і ВУ, номенклатура яких безперервно розширюється відповідно з досягненнями у галузі технології виробництва високотемпературних над- і напівпровідників, конструктивних деталей і вузлів, елементів автоматики. Показано, що пошук оптимальних конструктивних рішень швидко зменшує розрив між вартістю електричної потужності, що виробляється СУ і ВУ, та вартістю еквівалентної потужності, які впливають на вихідну потужність: для СУ – це щільність

поток сонячного випромінювання, орієнтація СЕ на Сонце, якість фотогальванічних елементів, площа і стан робочої поверхні СЕ, втрати на діодах і дротах; для ВУ — щільність і швидкість повітря, площа міделєвого перетину, конструктивні особливості вітроколеса.

При рівних умовах експлуатації ефективність використання СУ і ВУ певної конструкції залежить від розміщення обладнання на місцевості, характерної для цієї місцевості щільності світлового потоку і рози вітрів, а також від якості СУ, чим визначаються напрямки подальших досліджень.

РОЗДІЛ 2. Обґрунтування енергетичних потенціалів Сирії.

Відзначено особливості території Сирії, без обліку яких неможливе створення достатньо ефективної системи СВУ, що зумовлені специфікою географічного розміщення країни та її рельєфом. Це — різна висота територіальних зон над рівнем моря, різні напрямки і сила вітру на них, що визначають характер і динаміку збудовуючого впливу на СУ і ВУ. Показань 18 метеостанцій, які діють на території Сирії, явно недостатньо для аналізу показників сонячного випромінювання і сили вітру на всіх локальних зонах (а їх на території Сирії вибрано 719), тому розв'язано важливу для аналізу задачу апроксимації існуючої обмеженої кількості даних на всю територію країни. Засобами статистичної обробки даних виведено формулу, що дозволяє сформулювати карту сонячного потенціалу Сирії.

$$G = 850 + 520 \cdot \sin(H) - 495 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{-\frac{N}{1500}},$$

де: G — щільність потоку сонячного випромінювання ($\text{Вт}/\text{м}^2$),

H — висота сонцестояння (град),

N — висота над рівнем моря (м).

Ідея зниження взаємовпливу вітрів пропорційно відстані між територіальними зонами, що її покладено в основу апроксимації даних, одержаних в місцях розміщення метеостанцій, дозволила сформулювати карту вітрового потенціалу.

Розрахунки, виконані на ПЕОМ, відкрили особливий характер динамізму потенціалів — суттєвий дрейф максимумів і мінімумів сил сонячної і вітрової дії, а також некорелюємість їх між собою, внаслідок чого виникла і знайшла подальший розвиток думка про об'єднання СУ і ВУ в єдину систему, в якій здійснилася б взаємна компенсація недостаті сонячної енергії надміром вітрової та навпаки.

Пошук шляхів підвищення вихідної потужності СУ і ВУ привів до

необхідності дослідження в частині впливу на ефективність їх роботи місць і особливостей розташування готових конструкцій. Аналітичними засобами обґрунтовано, що сумарна вихідна потужність СУ за день експлуатації найбільша при орієнтації СЕ на Сонце під кутами p і d (перший кут — орієнтація нормалі до СЕ по лінії горизонту, другий — над лінією горизонту), розрахунок яких виконувався за виведеними формулами:

$$p = \arctg\left(\frac{k}{\sqrt{m^2+n^2}}\right),$$

$$d = \arctg\left(-\frac{n}{m}\right),$$

$$m = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \cos(\alpha) \cdot \cos(h) \, d\alpha,$$

$$n = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \sin(\alpha) \cdot \cos(h) \, d\alpha,$$

$$k = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \sin(h) \, d\alpha,$$

$$h = \frac{4 \cdot H \cdot (\alpha - \alpha_0) \cdot (\alpha_1 - \alpha)}{(\alpha_1 - \alpha_0) \cdot (\alpha_1 - \alpha_0)},$$

де: α — кут на Сонце по лінії горизонту від кута його сходу α_0 до заходу α_1 (град).

Запроваджено оцінку:

$$g = \frac{\sqrt{m^2 + n^2 + k^2}}{\alpha_1 - \alpha_0},$$

при $g > 1$ віддає перевагу стаціонарній орієнтації СЕ, $g < 1$ — слідкуючій системі, яка орієнтує СЕ на Сонце. Згідно з виконаними розрахунками, перевага слідкуючих систем складає лише 20 %, що з урахуванням вартості показує на недоцільність їх використання у тих

випадках, коли орієнтацію виконано за кутами розмірами p і d .

Обґрунтування розташування ВУ виконано із узагальненням відомих методик на умову багатоваріантності та на виконання оціночного критерію $P_{\text{вих.оптим.}} = \max P_{\text{вих}}(M_i)$, $i = 1, 2, \dots, K$, де M_i — місця розташування ВУ, $P_{\text{вих}}$ і $P_{\text{вих.оптим.}}$ — оціночне та оптимальне значення вихідної потужності ВУ (вибір місць розташування ВУ визначається значенням $P_{\text{вих.оптим.}}$, $P_{\text{вих}}$ визначаються відомими методиками).

Синтез структури системи СУ і ВУ виконано на основі розробленої для цієї мети математичної моделі:

$$x(j) \cdot V_{\min}(j) + y(j) \cdot S_{\min}(j) \geq P_{\min}(j), \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

$$x(j) \cdot V_{\max}(j) + y(j) \cdot S_{\max}(j) \geq P_{\max}(j), \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

$$KV_{\min} \leq x(1) + x(2) + \dots + x(N) \leq KV_{\max},$$

$$KS_{\min} \leq y(1) + y(2) + \dots + y(N) \leq KS_{\max},$$

$$x(1) \cdot CV(1) + \dots + x(N) \cdot CV(N) + y(1) \cdot CS(1) + \dots + y(N) \cdot CS(N) \rightarrow \min,$$

x, y — кількість вітрових та сонячних установок;

j — номер територіальної зони;

N — кількість територіальних зон;

$V_{\min}, V_{\max}, S_{\min}, S_{\max}$ — можливі для зон нижчий і вищий рівні перетворення енергії вітру і сонячної радіації;

P_{\min}, P_{\max} — межові значення потреби;

$KV_{\min}, KV_{\max}, KS_{\min}, KS_{\max}$ — межові можливості по кількості встановлюваних СУ і ВУ;

CV, CS — питомі витрати.

Оскільки модель використовується для об'єкту із значеннями межових величин, що змінюються за часом, її використання ставить проблему вибору найкращої структури системи СУ і ВУ. З метою її розв'язання здійснено дискретизацію параметрів моделі часовими проміжками $m = 1, 2, \dots, M$. Запровадження узагальнених показників для оцінки чотирьох типових ситуацій — вихідна потужність системи нижче чи не нижче мінімально і максимально допустимих меж (R_1, R_2, R_3, R_4) — дозволило сформувати показник F для оцінки якості структурної організації системи СУ і ВУ:

$$F(k) = \frac{R_2(k) + R_4(k) - R_1(k) - R_3(k)}{C(k)},$$

де: $C(k)$ — величина витрат на структуру, що реалізується.

Моделювання на ПЕОМ показало, що при реалізації запропонованого підходу до вибору структури системи СУ і ВУ показник ефективності оптимального варіанту в 6,2 разів вище у порівнянні з іншими варіантами її структурної організації.

РОЗДІЛ 3. Математична модель САУ.

Розроблено математичну модель, необхідну для синтезу управляючої частини структурно визначеної системи СУ і ВУ. У концептуальну основу моделі покладено уявлення про САУ ВДЕ як про систему, що забезпечує функціонування СВУ, розташованих у локальних зонах і перетворюючих там енергію сонячного випромінювання і вітру у вихідну потужність, з тим, щоб задовільнити потребу в електроенергії, характерну для цих зон, з можливістю передачі «надміру» в загальну мережу і отримання «недостачі» потужності із загальної мережі. У концептуальному виді модель представлено такими співвідношеннями:

$$X_{ik}(t) \geq 0, Y_{jk}(t) \geq 0,$$

$$U_i(t) \cdot \sum_k X_{ik}(t) = P_i(t),$$

$$C_j(t) \cdot \sum_k Y_{jk}(t) = Q_j(t),$$

$$\sum_i U_i(t) \cdot X_{ik}(t) + \sum_j C_j(t) \cdot Y_{jk}(t) = S_k(t),$$

$$U_i(t) = \{0, 1\}, C_j(t) = \{0, 1\}, X_{ik}(t) \in R, Y_{jk}(t) \in R,$$

$$\sum_t \left(\sum_i \sum_k U_i(t) \cdot L_{ik} \cdot X_{ik}(t) + \sum_j \sum_k C_j(t) \cdot S_{jk} \cdot Y_{jk}(t) \right) \rightarrow \min,$$

$$t = 1, 2, \dots, T,$$

де: t — такти часу, i, j — номери ВУ, СУ, k — локальна зона;

X, Y — частини вихідних потужностей, що генеруються ВУ і СУ;

U, C — стан ВУ і СУ («виключено» — 0, «включено» — 1);

P, Q — повні вихідні потужності ВУ і СУ;

L, S — величини зведених затрат.

Багатомірність, нелінійність, наявність бульових і нечітко визначених змінних зумовило необхідність перетворити модель до «робочого» виду, доступного для використання, що виконано введенням ряду спрощень, у тому числі із використанням відомих формул Раушенбаха і Твайдела. Динамічна частина моделі залишилася описаною тактами

часу — $t = 1, 2, \dots, T$, статичну частину побудовано з урахуванням умови енергетичного балансу, внаслідок чого динамічну модель «розчленовано» на три статичні: на випадок зберігання балансу, на випадок недостачі енергії, на випадок надміру енергії (через масивність у авторефераті одержані моделі не наводяться).

Методологічну основу для використання «робочої» моделі при управлінні системою СВУ склало припущення про можливість субоптимального розв'язання багатомірних нелінійних задач шляхом послідовного зменшення значення критерію оптимальності: спочатку вибирається максимально припустиме значення змінної біля доданку з найменшим значенням оціночного коефіцієнту, далі подібне правило розповсюджується на решту змінних. Припущення знайшло відображення у розробленому програмному забезпеченні, що дозволило розв'язати задачу синтезу САУ ВДЕ і розробити вимоги до її створення на технічному рівні.

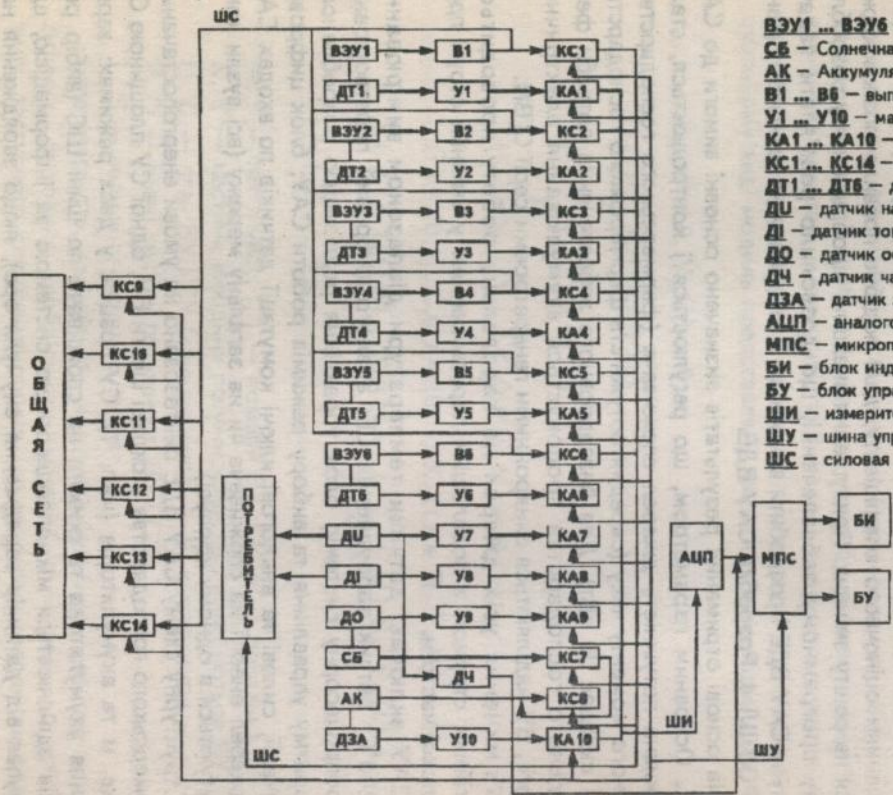
РОЗДІЛ 4. Розробка САУ ВДЕ.

На основі отриманих результатів визначено основні вимоги до САУ ВДЕ. Основним параметром, що регулюється і контролюється, стала споживна потужність джерел споживача (фермерського господарства) кожного моменту часу (середня потужність фермерського господарства Сірії складає 30 кВт). Для безперервного забезпечення потреби фермерського господарства пропонується акумулювання електричної енергії, ВУ наділяються синхронними генераторами серії СГВМ.

Увімкнення усіх джерел на паралельну роботу проводиться постійним струмом з подальшим перетворенням у змінний струм промислової частоти.

САУ включає: датчики температури діапазоном вимірювання 0...200°C; датчик забруднення СЕ; аналого-цифровий перетворювач; мікропроцесорну систему; блок управління реалізацією розробленого алгоритму управління та вибору режимів роботи САУ; блок цифрової індикації; силові та аналогові ключі комутації датчиків по входах САУ та джерел енергії на споживача чи на загальну мережу (всі вузли комплектуються в одному корпусі).

Структурну схему САУ ВДЕ синтезовано на умови енергопостачання фермерського господарства у складі шести ВУ, одної СУ площиною СЕ 10 кв. м та акумуляторів (мал. 1). СУ працює у двох режимах: зарядження акумулятора та роботи на споживача по шині ШС (вибір режимів здійснюється мікропроцесорною системою за інформацією, що поступає від датчиків зарядження акумулятора), якщо зарядження недостатнє, система формує команду на підключення СУ до акумулятора, в іншому випадку СУ працює на користувача.



- ВЭУ1 ... ВЭУ6** — Ветроэнергетические установки
СБ — Солнечная батарея
АК — Аккумулятор
В1 ... В6 — выпрямители
У1 ... У10 — масштабные усилители
КА1 ... КА10 — аналоговые ключи
КС1 ... КС14 — силовые ключи
ДТ1 ... ДТ6 — датчики t°C
ДУ — датчик напряжения
ДИ — датчик тока
ДО — датчик освещенности
ДЧ — датчик частоты
ДЗА — датчик заряда аккумуляторной батареи
АЦП — аналого-цифровой преобразователь
МПС — микропроцессорная система
БИ — блок индикации
БУ — блок управления
ШИ — измерительная шина
ШУ — шина управления
ШС — силовая шина

Мал. 1. Структурная схема САУ ВДЕ.

У склад мікропроцесорної системи включено: контролер, що програмується, «Електроніка МС 2702», блок збору та обробки інформації, блок управління та індикації, блок живлення. Контролер виконано на основі БІС серії КР580, К565, КР556, К568, ІС серії К155. ОЗУ виконано на восьми однорозрядних БІС статичної пам'яті КР565РУ2А обсягом 1 кБайт. Блок управління та блок індикації виконано так, що забезпечується реалізація запропонованого у роботі алгоритму управління САУ ВДЕ (мал. 2).

РОЗДІЛ 5. Техніко-економічне обґрунтування САУ ВДЕ.

Інформаційну основу обґрунтування ефективності впровадження САУ ВДЕ у виробництво складають дані стану функціонування фермерських господарств Сірії як об'єкту системного аналізу. Типовою для 1750...1920 фермерських господарств є нерівномірність споживання електроенергії з наявністю «пікових» періодів, чим визначається необхідність впровадження САУ ВДЕ.

Обґрунтування виконано відповідно із прийнятими методиками стосовно умов використання САУ ВДЕ фермерськими господарствами у запропонованому варіанті структури СВУ і САУ ВДЕ, а також їх функціональних характеристик і параметрів, включаючи запропонований алгоритм управління і програму, що реалізує його функції.

Розрахунок економічної ефективності використання виконано за формулою:

$$\mathcal{E}_T = \frac{P_T - (I + (K_p + E_n) \cdot K)}{K_p + E_n}$$

де: P_T — прибуток від використання енергоустановки;

I — експлуатаційні витрати;

K — затрати на використання установки;

K_p — норма реневації;

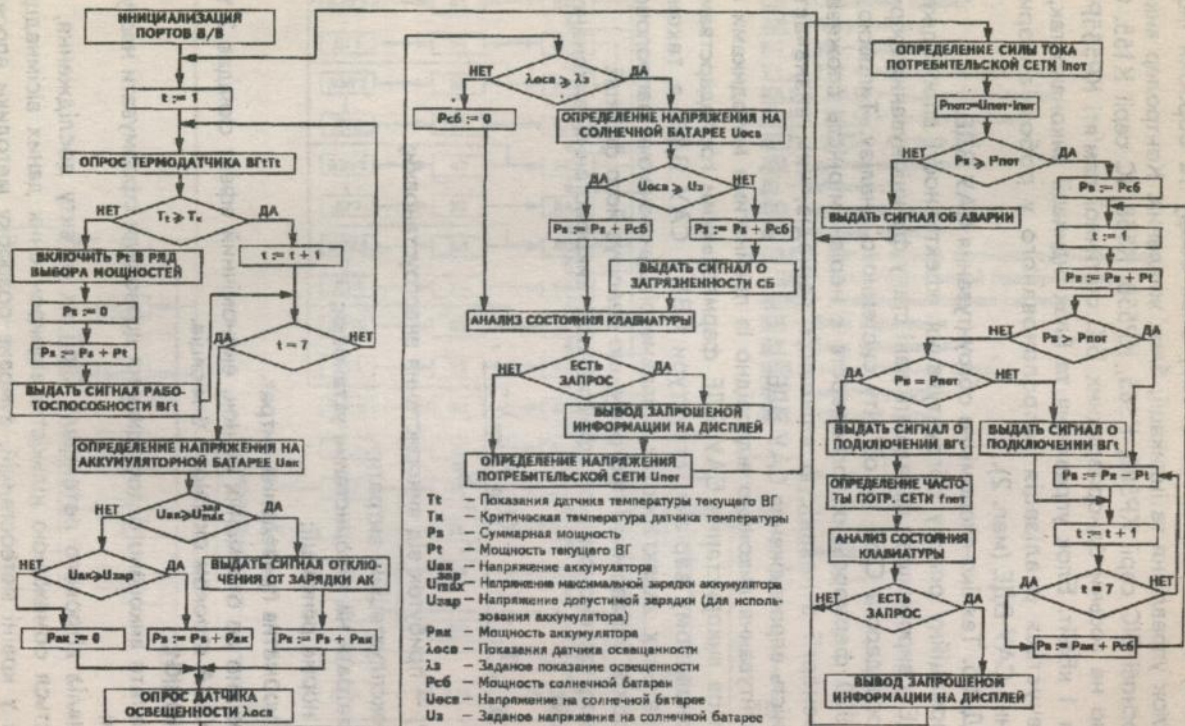
E_n — норматив приведених витрат.

Відповідно до отриманих оцінок, економічний ефект складає 2 тис. доларів США строком окупності 6 місяців.

ВИСНОВКИ.

Результати виконаного дослідження дозволили сформулювати наступні висновки:

1. Аналіз вітрового потенціалу Сірії як об'єкту дослідження, що здійснюється обмеженою кількістю відокремлених даних вісімнадцяти існуючих у країні метеостанцій, зумовив розробку методики апроксимації даних у 719 територіальних зонах. Аналіз результатів апрокси-



- T t — Показания датчика температуры текущего ВГ
 T c — Критическая температура датчика температуры
 P a — Суммарная мощность
 P t — Мощность текущего ВГ
 U $_{ак}$ — Напряжение аккумулятора
 U $_{акmax}$ — Напряжение максимальной зарядки аккумулятора
 U $_{акзар}$ — Напряжение допустимой зарядки (для использования аккумулятора)
 P $_{ак}$ — Мощность аккумулятора
 λ $_{ос}\lambda$ — Показания датчика освещенности
 λ z — Заданное показание освещенности
 P $_{сб}$ — Мощность солнечной батареи
 U $_{ос}\lambda$ — Напряжение на солнечной батарее
 U z — Заданное напряжение на солнечной батарее

Мал. 2. Алгоритм работы САУ ВДЕ.

мації відкрив характерні особливості вітрового потенціалу: дрейф його максимумів, як для локальних зон, так і для всієї території країни, протягом року; величина продуктивного вітру на всьому проміжку дрейфа складає не менше 70 %, що підтверджує доцільність використання вітру як перспективного джерела енергії і необхідності створення САУ, що усуне його астатизм.

2. Аналіз сонячного потенціалу Сирії при відсутності необхідного набору вірогідних даних зумовив розробку методики їх кількісної оцінки шляхом створеної для цієї мети функціональної залежності, що зв'язує геофізичне положення локальних зон з інтенсивністю падаючого на них сонячного випромінювання. Виконані розрахунки відкрили характерні для Сирії особливості сонячного потенціалу: тривалий (220 днів у році) проміжок продуктивної активності сонячного випромінювання; нерівномірність розподілу світлового потоку за часом (місяцями року: максимум у січні і серпні відповідно дорівнює 912 і 1050 Вт/м²) територією та інтенсивністю, що підтверджує доцільність використання і цього, поряд із вітровим, джерела енергії та необхідність створення САУ, компенсуючої непродуктивну вітрову енергію продуктивною сонячною і навпаки (максимум сонячного потенціалу у східній частині країни у січні компенсує мінімум вітрового потенціалу, мінімум сонячного потенціалу північної частини країни компенсується максимумом вітрового потенціалу).

3. Дослідження залежностей вихідних потужностей ВУ і СУ від діючих на них потенціалів, що виконано з урахуванням конструктивних особливостей установок, показало, що ефективність їх використання суттєво залежить від територіального та просторового їх розміщення. З цією метою запропоновано методику вибору місць їх розташування; для СУ запропоновано оптимальні кути їх стаціонарної орієнтації. Виявлено, що створення автоматичних слідкуючих систем в цьому випадку економічно недоцільне (виграш у 20 % корисної потужності не компенсується затратами на створення слідкуючих систем та їх експлуатацію).

4. Вперше засобами імітаційного моделювання здійснено синтез структури просторово-розподіленої системи енергозабезпечення у складі ВУ і СУ, що враховує динаміку об'єкта дослідження. Синтезована структура системи СВУ покращує показник ефективності в середньому у 6,2 рази у відношенні до інших альтернативних варіантів, де не враховується фактор часу.

5. Створено концептуальну математичну модель САУ ВДЕ, що відрізняється від існуючих багатомірністю (понад 200 тис. величин, що

беруть участь у розрахунках), наявністю бульових змінних і нелінійностей, що викликані їх використанням, наявністю динамічних змінних і погано ідентифікованих величин. Спрощення моделі з метою її реалізації дозволило довести її до форми робочої моделі, що являє собою логічний еквівалент багатомірних задач транспортного типу.

6. Дослідження робочої форми математичної моделі САУ ВДЕ дозволило вперше сформувати субоптимальні рішення, які відносяться як до об'єкту дослідження в цілому, так і до його складових частин (території Сирії та її локальних зон). Останнє дало можливість розробити вимоги до технічної реалізації САУ ВДЕ фермерського господарства як джерела первинної інформації для САУ ВДЕ вищого рівня.

7. Вперше на підставі сформованих вимог створено структурну і принципову схеми САУ ВДЕ, алгоритм управління і програмну його реалізацію, лабораторні та виробничі випробування яких підтвердили їх працездатність та ефективність з точки зору надійного забезпечення споживача, незалежно від ситуації — зміни потреби в електроенергії, сили і напрямку вітру, інтенсивності сонячного випромінювання.

8. Результати досліджень і впровадження САУ ВДЕ підтвердили її ефективність та надійність роботи в умовах України.

9. Результати досліджень переконають у доцільності використання ВДЕ у запропонованому варіанті структури та алгоритму роботи САУ ВДЕ, а також в ефективності запропонованих рішень (річний економічний ефект від використання САУ ВДЕ складає 2 тис. доларів США).

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У РОБОТАХ:

1. Джума А., Пащенко В. Ф. Відновлювані джерела енергії для Сирії. // Розробка і технологія виробництва сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць / Кол. авт. — Київ: 1994. — с. 103-105.

2. Носов Г. Р., Пащенко В. Ф., Джума А. Предварительное определение мощности солнечной батареи. // Проблемы автоматизации и энергообеспечения в машиностроении. Сб. статей. — Кировоград: КИСМ, 1995. — с. 74-75.

3. Носов Г. Р., Пащенко В. Ф., Джума А. Солнечная радиация: количественные характеристики. // Проблемы автоматизации и энергообеспечения в машиностроении. Сб. статей. — Кировоград, КИСМ, 1995. — с. 71-73.

4. Федунец А. Д., Пащенко В. Ф., Джума А. Имитационная модель использования нетрадиционных источников энергии. // Моделирование, автоматизация и вычислительная техника в сельском хозяйстве.

Сб. научных трудов. — М.: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1994. — с. 140-142.

5. Федунец А. Д., Пашенко В. Ф., Джума А. Математическая модель ориентации элементов солнечных установок. // Моделирование, автоматизация и вычислительная техника в сельском хозяйстве. Сб. научных трудов. — М.: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1994. — с. 143-150.

6. Носов Г. Р., Пашенко В. Ф., Федунец А. Д., Джума А. Сонячні батареї та вітрові установки в системі нетрадиційної енергетики. // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин (15-17 листопада 1994 року). — Глеваха: МЕСГ УААН. 1994. — с. 213-214.

7. Носов Г. Р., Федунец А. Д., Джума А. К вопросу оптимизации системы нетрадиционных источников энергии. // Проблемы надежности, эксплуатации и ремонта машин: Материалы научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры ремонта машин. — Кировоград: КИСМ, 1994. — с. 38-39.

АННОТАЦИЯ

Джума Ахмад. Система автоматического управления возобновляемыми источниками энергии. Рукописная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 — Автоматизация технологических процессов и производств. Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, 1996 год. Содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований по разработке системы автоматического управления нетрадиционными источниками энергии — солнечными и ветровыми установками для условий Сирии. Разработаны методы аппроксимации статистических данных с получением карт солнечного и ветрового потенциала Сирии в ее 719 территориальных зонах. Предложены методы пространственной ориентации воспринимающих элементов солнечных и расположения ветровых установок. Обосновано преимущество и эффективность синтеза структуры системы энергообеспечения с учетом фактора времени. Разработана математическая модель САУ системой энергообеспечения в составе ветровых и солнечных установок, обоснованы технико-экономические требования к разработке системы управления для фермерского хозяйства.

SUMMARY

Joma Ahmad. An Automatic Control System For Restored Energy Sources.

Manuscript dissertation to stand for the degree of the candidate of technical sciences on speciality 05.13.07 — Automation of Technological Processes and Productions. Kirovograd Institute of Agricultural Engineering, Kirovograd, 1996.

Contains theoretical and experimental investigation results on the development of the automatic control system for non-conventional energy sources — solar- and wind-driven plants — in Siria. Statistical data approximation methods have been developed and the charts of solar and wind potential have been composed for 719 territories in Siria. Spece orientation methods for solardriven plant sensors and location of wind-driven plants have been proposed. Advantages and efficiency of the pover supply system structure synthesis with regard for the time factor have been proved. A mathematical model of the automatic control system for the solar- and wind-driven plant energy systems has been worked out as wel as technical and economic requirements of the control system development for farming have been grounded.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: відновлювані джерела енергії, вітрові установки, сонячні установки, структура системи, система автоматичного управління, схема, алгоритм, управління, програма.

Комп'ютерний набір та верстка Кожухар С. Г.

Здано до набору 13.12.96. Підписано до друку 13.12.96.

Формат 60-84 1/16. Папір газетний. Надруковано на різнографі.

Гарнітура Тип Теймс. Умов. друк. ак. 1,0. Зам. N 923/96. Тир. 100 прим.

© РВЛ. КІСМ. м.Кіровоград, пр. Правди, 70-А. 1996.

Тел. 597-541, 597-551, 55-92-45.

AB 36.653