



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108878** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**E01C 1/00**  
**G08G 1/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2015 10118</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Данчук Віктор Дмитрович (UA),</b> <b>Кривенко Віктор Іванович (UA),</b> <b>Олійник Ростислав Васильович (UA),</b> <b>Тарабан Сергій Миколайович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>16.10.2015</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.08.2016</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2016, Бюл.№ 15</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Суворова, 1, м. Київ-10, 01010 (UA)
	<b>(74)</b> Представник: <b>Краснокутська Зоя Ігорівна</b>

**(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРИЧНОГО АНАЛОГОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА**

**(57) Реферат:**

Спосіб електричного аналогового моделювання вулично-дорожньої мережі міста, за яким вулично-дорожня мережа представлена як схема розгалуженого електричного кола постійного струму. Кожну ділянку вулично-дорожньої мережі у електричній схемі, яка реалізована у середовищі комп'ютерної програми-стимулятора електричних схем, моделюють послідовним з'єднанням діода та резистора, що в цілому для електричної схеми відображає параметри конфігурації структурних елементів та організацію дорожнього руху на ділянках та перетинах вулично-дорожньої мережі.

**UA 108878 U**



Корисна модель належить до галузі дорожнього будівництва, а саме до способів імітаційного моделювання міських ВДМ в частині проектування і планування доріг.

Для формалізованого представлення структурної конфігурації ВДМ широко застосовують теорію графів [1, 2]. Згідно з цією теорією, ВДМ міста описується у вигляді плоского орієнтованого графа, в якому вершини - це перетини міських вулиць та доріг, а ребра - ділянки вулиць та доріг, що сполучають пари вершин між собою. Це дозволило, зокрема, у сфері створення та експлуатації транспортних систем вирішувати задачі аналізу, прогнозу та оптимізації транспортних мереж. При цьому графові моделі ВДМ, що інтерпретують транспортні та пішохідні зв'язки між елементами планувальної структури міста, повною мірою, не відображають організацію дорожнього руху на міських ВДМ, зокрема в місцях перетину вулиць та доріг.

Найближчим аналогом є спосіб [3], за яким вулично-дорожня мережа представлена як схема розгалуженого електричного кола постійного струму. Наведений спосіб [3] дозволяє змодельовувати розгалужену структуру ВДМ у вигляді змішаного з'єднання опорів, які характеризують окремі ділянки мережі, а також з'ясовувати оптимальний режим функціонування мережі шляхом імітаційного моделювання вхідних і вихідних автотransпортних потоків та потоків на окремих ділянках за допомогою електричних струмів, які відображають інтенсивності зазначених автотransпортних потоків.

Проте, цей спосіб [3] має обмеження на його застосування, а саме моделювання структурної конфігурації ВДМ електричними схемами у вигляді змішаного з'єднання опорів, не дозволяє ділянки вулиць та доріг з двостороннім рухом моделювати окремими ділянками електричного кола, враховувати дозволені на перехрестях напрямки руху автомобілів, здійснювати оцінку ефективності функціонування ВДМ з точки зору рівня завантаженості окремих ділянок вулиць та доріг транспортними засобами.

В основу корисної моделі поставлена задача усунення відзначених недоліків.

Поставлена задача вирішується тим, що кожен ділянку вулично-дорожньої мережі у електричній схемі, яка реалізована у середовищі комп'ютерної програми-стимулятора електричних схем, моделюють послідовним з'єднанням діода та резистора, що в цілому для електричної схеми відображає параметри конфігурації структурних елементів та організацію дорожнього руху на ділянках та перетинах вулично-дорожньої мережі.

З огляду на це, модель міської ВДМ буде являти собою сукупність гілок, яка складається з резистора та послідовно з'єданого ідеального діода, що утворюють розгалужене електричне коло, зібране відповідно до заданих планувальних умов міської мережі та заданої схеми організації дорожнього руху. Таке уявлення ділянок міських вулиць та доріг дозволяє моделювати елементи ВДМ довільної конфігурації (різносмугові дороги, розв'язки, перехрестя тощо) у вигляді принципів електричних схем, при цьому враховувати дозволені на перехрестях напрямки руху транспортних засобів, розглядати ділянки вулиць та доріг з двостороннім рухом як елементи, що мають окремі проїзні частини (що відокремлені одна від іншої розділювальною смугою), здійснювати оцінку завантаженості ВДМ автотransпортними потоками, в тому числі оцінку окремих ліній і вузлів міської мережі з точки зору перевантаження/недовантаження цих елементів.

Суть корисної моделі пояснюється на прикладах, де представлені план-схеми типових елементів ВДМ (Фіг. 1-4) та електричні схеми для цих елементів відповідно (Фіг. 5-8). План-схеми відображають параметри конфігурації елементів мережі (кількість смуг руху на проїзній частині ділянок, розділено для кожного напрямку), а також схему організації дорожнього руху (стрілки вказують на дозволені напрямки руху транспорту на ділянках). Електричні схеми (моделі) відповідних елементів ВДМ зібрано в середовищі N1 Multisim з використанням всіх можливостей його користувацького інтерфейсу.

Крім того, для реалізації процесу імітаційного моделювання, на окремих гілках електричної схеми підключають амперметри для контролю за електричним струмом, що є аналогом інтенсивності автотransпортного потоку на відповідних ділянках вулично-дорожньої мережі.

Ступінь завантаженості довільної ділянки ВДМ визначають відношенням інтенсивності автотransпортних потоків отриманої з моделі (покази амперметра) до максимальної інтенсивності руху, яка відповідає пропускній здатності даної ділянки.

Отже, з урахуванням викладеного, для випадку звуження проїзної частини ділянки дороги (зменшення кількості смуг руху, див. Фіг. 1) електричний аналог відповідатиме послідовному з'єднанню діодів та резисторів (Фіг. 5); перетин вулиць та доріг в одному рівні у Т-подібній (Фіг. 2) та Х-подібній (Фіг. 3) конфігураціях, може бути представлено складним електричним колом (Фіг. 6 та 7 відповідно). Наводиться приклад рішення для перетину вулиць та доріг в

кількох рівнях (для транспортної розв'язки). На Фіг. 4 представлено план-схему транспортної розв'язки та її електричну схему - на Фіг. 8.

Кожна з наведених електричних схем містить такі елементи:

- джерела вхідних ( $J_i^{in}$ , де  $i=1,2,...,n$ ) та вихідних ( $J_i^{out}$ , де  $i=1,2,...,n$ ) струмів, які є аналогами вхідних та вихідних інтенсивностей автотранспортних потоків відповідно;
- ідеальні діоди, що послідовно з'єднані з резисторами ( $R_i$ , де  $i=1,2,...,n$ ), дозволяють змодельовувати структурну конфігурацію мережі з урахуванням напрямків руху на ділянках вулиць та доріг;
- амперметри ( $A_i$ , де  $i=1,2,...,n$ ), це індикатори завантаженості відповідних ділянок ВДМ;
- опори, відображають поздовжньо-поперечні характеристики ділянки ВДМ, їх величину обчислюють за формулою [3]:

$$R = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{S}, \quad (1)$$

де  $l$  - довжина ділянки мережі (у випадку повороту при в'їзді на перехрестя приймається довжина дуги (траєкторії) повороту),  $[l] = \text{км}$ ;

$\gamma$  - пропускна здатність однієї смуги руху на ділянці мережі (у випадку повороту при в'їзді на перехрестя приймається пропускна здатність смуги руху ділянки, на яку спрямований рух транспортних засобів),  $[\gamma] = \text{год.}^{-1}$ ;

$S$  - ширина проїзної частини ділянки мережі (у випадку повороту при в'їзді на перехрестя приймається ширина проїзної частини для дуги повороту),  $[S] = \text{км}$ ;  $S = nd$ ;  $n$  - кількість смуг руху;  $d$  - ширина смуги.

Таким чином, ВДМ міста може бути представлена сукупністю ділянок різної конфігурації, які формують вулиці та дороги кварталів житлових районів міста.

Як приклад, на Фіг. 9-11 наводиться топографічний план, план-схема та схема електричної моделі відповідно, для окремого кварталу Шевченківського району м. Києва. Як видно з Фіг. 11, електрична схема кварталу має складну розгалужену структуру; це при тому, що квартал є найменшою структурною одиницею житлового середовища. Якщо розглядати фрагменти ВДМ більшого масштабу, наприклад мережу адміністративного району міста, то електрична схема, виявиться складною, розрахунок якої достатньо громіздкий та трудомісткий.

Для спрощення зображення електричної схеми, в таких програмних середовищах, як NI Multisim, Electronic Workbench та ін., окремі елементи (фрагменти) електричної схеми можуть бути перетворені, при використанні опції Create Subcircuit, на окремі блоки (підсхеми) з зовнішніми затискачами. Це означає, що елементи електричної схеми ВДМ (Фіг. 11), зокрема ті, що стосуються моделювання перетину вулиць та доріг (в одному та більше рівнях) можуть бути перетворені у відповідні блоки.

Якщо ж опцію Create Subcircuit застосувати до елементів електричної схеми кварталу, то це дозволить отримати значно простішу й зручнішу для користування електричну модель даного фрагмента мережі (Фіг. 12).

При електричному моделюванні великих ВДМ пропонується попередню проводити класифікацію наявних, в межах відповідної мережі, типів перетинів вулиць та доріг.

Класифікацію необхідно проводити за такими ознаками:

за схемою перетину вулиць та доріг (Т-подібне перехрестя, Х-подібне перехрестя, перетин вулиць та доріг в кількох рівнях (транспортні розв'язки);

за категоріями вулиць та доріг, які утворюють перетин (за категоріями відповідно до діючої класифікації вулиць та доріг на основі зведеної інвентаризаційної відомості міста);

за дозволеними напрямками руху на ділянках вулиць та доріг, що утворюють відповідний перетин (односторонній, двосторонній рух);

за кількістю смуг руху (роздільно для кожного напрямку) проїзної частини ділянок вулиць та доріг, що утворюють відповідний перетин (одна смуга, дві смуги і т.д.).

Класифікація за наведеними ознаками дозволяє в межах досліджуваної ВДМ ідентифікувати подібні (типові) перетини вулиць та доріг та рознести їх у однорідні групи (кластери). Це, у свою чергу, дозволить для кожного утвореного кластеру зібрати електричну схему (модель) перехрестя - типову для всіх елементів окремого кластеру; електричну схему перетворити у блок, який надалі використовувати при електричному моделюванні ВДМ з фактичними

параметрами конфігурації структурних елементів, а також при проведенні імітаційних експериментів для пошуку оптимальних сценаріїв розвитку міських ВДМ.

Джерела інформації:

1. Сарычев Д.С. Применение графовых моделей для анализа инженерных сетей / Д.С. Сарычев, А.В. Скворцов, С.Г. Слюсаренко // Вестник ТГУ.-2002. - № 275.- С. 70-75.
2. Мацула В.Ф. Выбор рациональных маршрутов движения автотранспорта / В.Ф. Мацула, В.В. Фоминский // Известия КГТУ.-2007. - № 11.-С. 198-203.
3. UA 86586 U / Аналогова модель транспортної системи / В.Д. Данчук, Р.В. Олійник, С.М. Тарабан u201306237; заявл. 20.05.2013; опубл. 10.01.2014.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб електричного аналогового моделювання вулично-дорожньої мережі міста, за яким вулично-дорожня мережа представлена як схема розгалуженого електричного кола постійного струму, який **відрізняється** тим, що кожен ділянку вулично-дорожньої мережі у електричній схемі, яка реалізована у середовищі комп'ютерної програми-симулятора електричних схем, моделюють послідовним з'єднанням діода та резистора, що в цілому для електричної схеми відображає параметри конфігурації структурних елементів та організацію дорожнього руху на ділянках та перетинах вулично-дорожньої мережі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що на окремих гілках електричної схеми підключають амперметри для контролю за електричним струмом, що є аналогом інтенсивності автотранспортного потоку на відповідних ділянках вулично-дорожньої мережі.

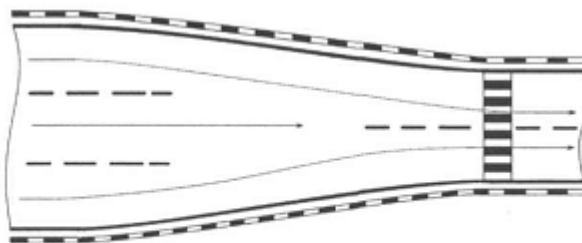


Fig. 1

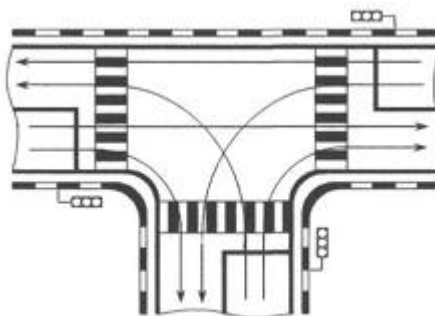


Fig. 2

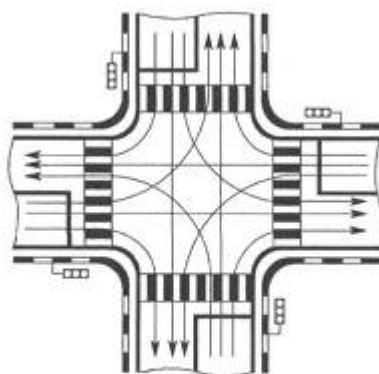


Fig. 3

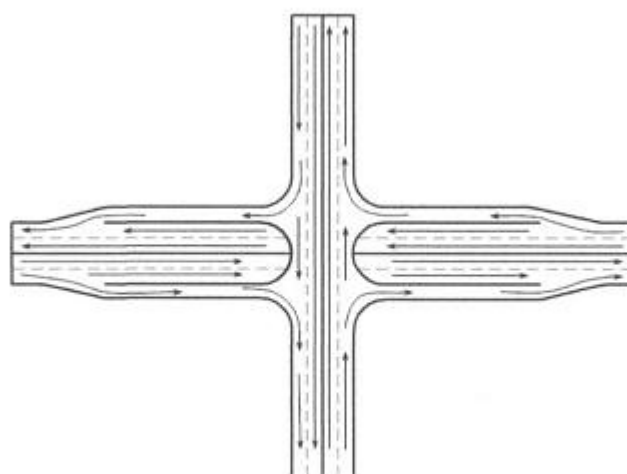


Fig. 4



Fig. 5

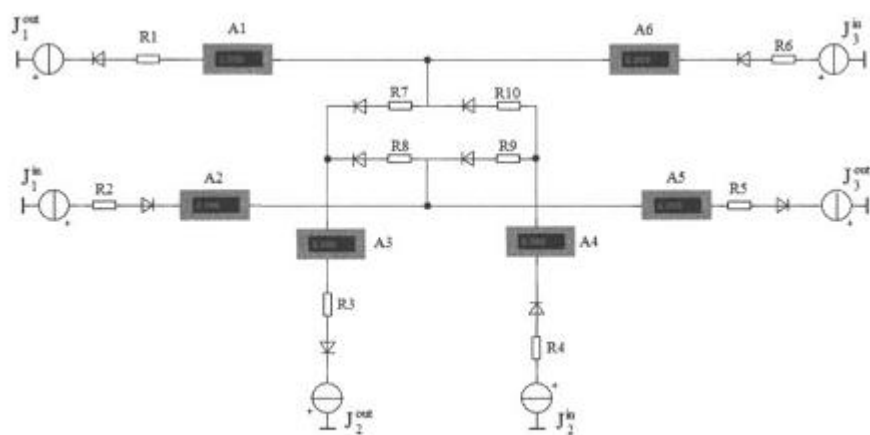
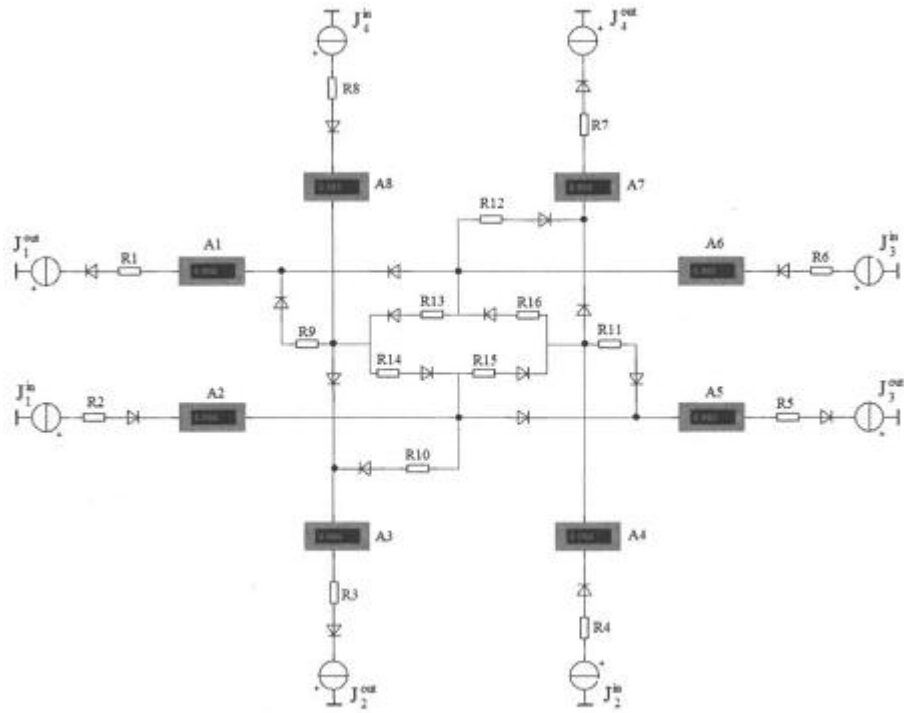
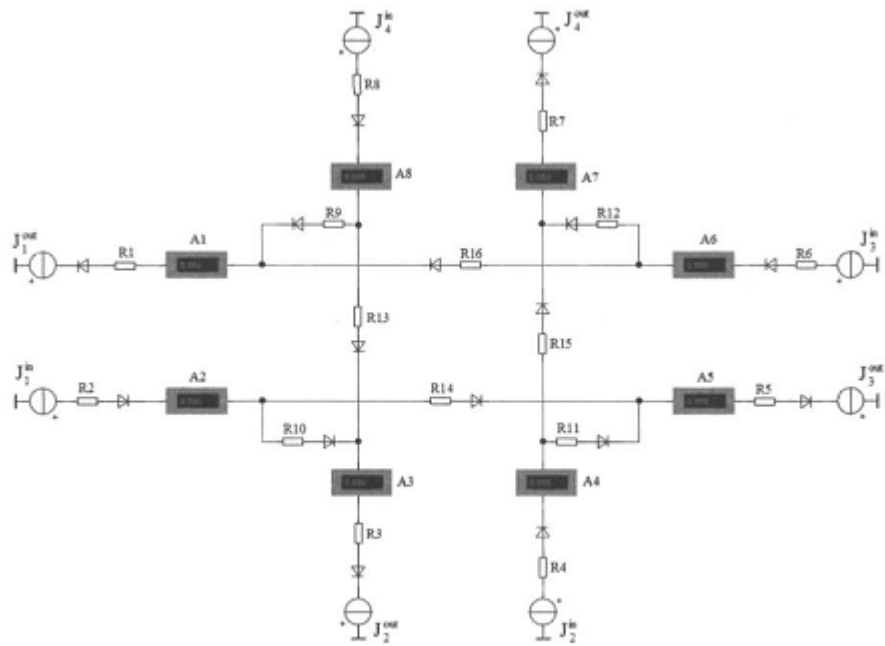


Fig. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Fig. 9

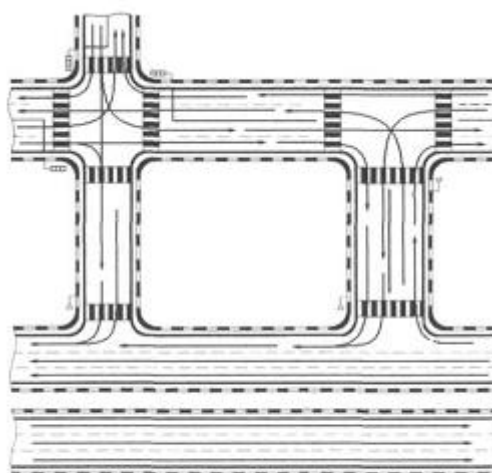


Fig. 10

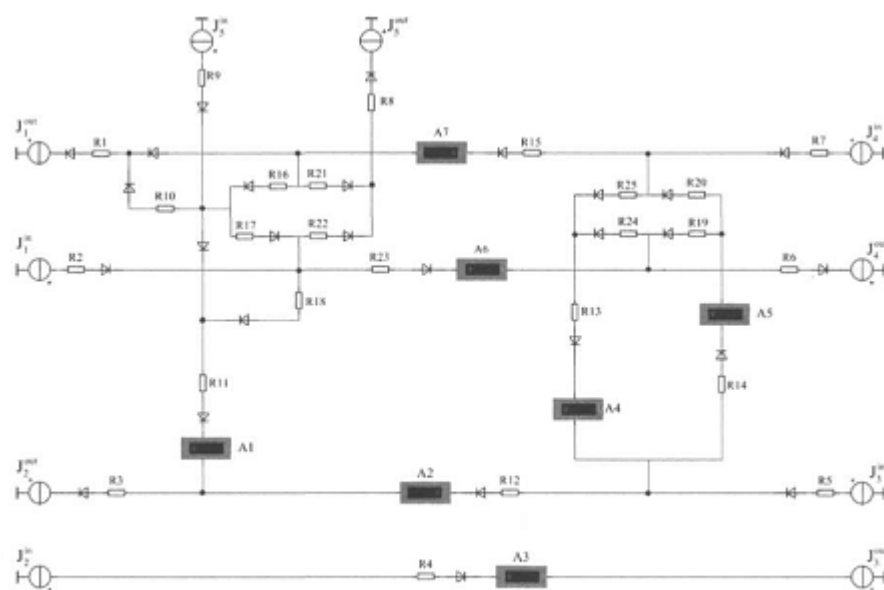
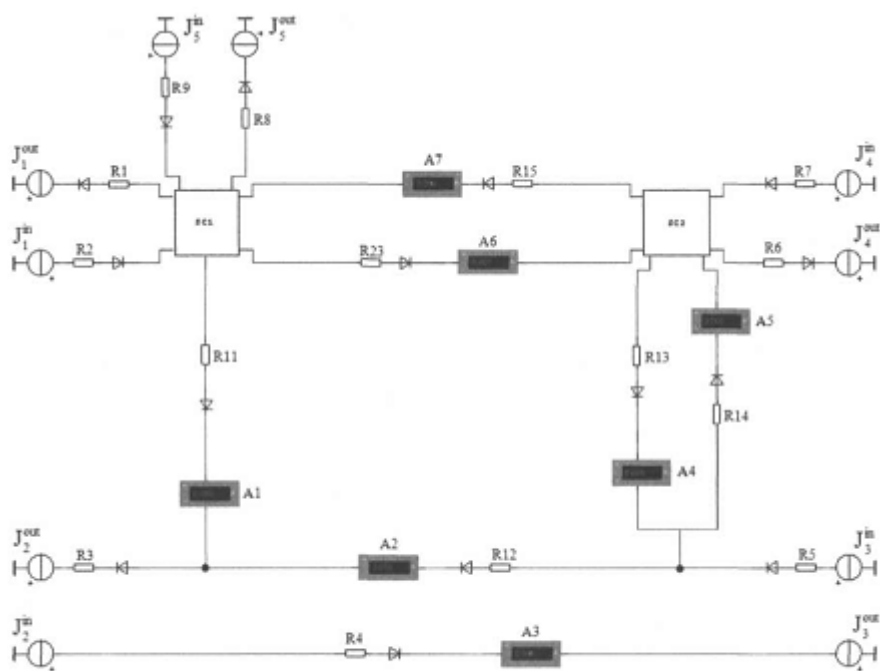


Fig. 11





Фиг. 12