

**АВТОМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ**

УДК 656.259.01/.254.7

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.146.2014.73962>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ КУЗОВА ЛОКОМОТИВА НА ФУНКЦІОНУВАННЯ РОБОТИ ЛОКОМОТИВНИХ ПРИСТРОЇВ АЛСН

К.О. Комаревцева, канд. техн. наук С.В. Кошевий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕНИЯ КУЗОВА ЛОКОМОТИВА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ АЛСН

Е.А. Комаревцева, канд. техн. наук С.В. Кошевой

STUDY OF THE INFLUENCE OF ROLLING BODY FOR LOCOMOTIVE OPERATION DEVICES ALSN

К.О. Komarevtseva, cand. of techn. sciences S.V. Koshevoy

Проведено розрахунки взаємної індуктивності між рейками та локомотивними приймальними котушками в умовах коливань кузова локомотива в різних напрямках під час руху. Визначено вплив таких коливань на роботу пристроїв локомотивної сигналізації.

Ключові слова: автоматична локомотивна сигналізація, рейкова лінія, індуктивний канал зв'язку, взаємна індуктивність між рейками та приймальними котушками, коливання приймальних котушок відносно рейок.

Проведены расчеты взаимной индуктивности между рельсами и локомотивными приемными катушками в условиях раскачивания кузова локомотива в разных направлениях во время движения. Определено влияние таких раскачиваний на работу устройств локомотивной сигнализации.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, рельсовая линия, индуктивный канал связи, взаимная индуктивность между рельсами и приёмными катушками, качение приёмных катушек относительно рельсов.

The analysis of sources of electromagnetic interference affecting the locomotive of the automatic locomotive signaling. Developed electrical equivalent circuit of an inductive link between the rails and receiver coils. Calculations of mutual inductance between rails and locomotive reception coils in conditions of rocking of a body of the locomotive in different directions are lead during movement. Influence of such rocking on work of devices of the locomotive signal system is determined.

Keywords: automatic locomotive signaling, rail line, inductive communication channel, the mutual inductance between the rails and receiver coils, rolling receiver coils relative to the rails.

Вступ. Існуючі на залізницях України системи залізничної автоматики (ЗА) забезпечують відповідно до нормативної документації безпеку руху поїздів зі швидкостями до 140 км/год. Враховуючи перспективу впровадження в Україні швидкісного руху пасажирських поїздів, виникає необхідність визначення можливості застосування існуючих систем ЗА при

виконанні робіт з підготовки інфраструктури до пропуску пасажирських поїздів із підвищеними швидкостями руху на дільницях із змішаним рухом пасажирських та вантажних поїздів [1].

Постановка проблеми. Найбільш вразливими серед технічних засобів ЗА в умовах швидкісного руху поїздів виявились локомотивні системи сигнального авторегулювання (САР) [2]. При передачі

сигнальної інформації від колійних пристроїв на локомотив у найбільш поширеній на залізницях України системі автоматичної локомотивної сигналізації числового коду (АЛСН) використовується індуктивний канал зв'язку, на роботу якого негативно впливає чисельна кількість завад [4, 5, 6, 8]. При цьому якість роботи пристроїв АЛСН і, як наслідок, безпека руху поїздів обумовлюються також особливостями роботи рейкового кола (РК) та конструкцією рейкової лінії (РЛ) із характерними для неї власними електричними параметрами, взаємною індуктивністю між рейками та локомотивними приймальними котушками (ПК), електромагнітною сумісністю з електрообладнанням рухомого складу, інших джерел електроенергії в межах залізничної колії.

Знання характеристик цих завад, причин їх виникнення і ступеня негативного впливу на пристрої АЛСН є важливим для боротьби з ними з метою забезпечення нормального функціонування локомотивних систем сигнального авторегулювання (САР).

Аналіз досліджень та публікацій. На даний час в Україні в умовах подальшого підвищення енергоємності залізничного транспорту, на жаль, менш активно проводяться системні дослідження прояву різних за походженням і характером електромагнітних завад (адитивних і мультиплікативних, імпульсних одиночних або серії імпульсів, зосереджених або із широким частотним спектром, залежних або незалежних від швидкості руху поїздів) на залізничних лініях, особливо в межах залізничних станцій, в умовах організації прискореного та швидкісного руху.

В першу чергу на передачу сигнальної інформації в системах локомотивних САР впливають імпульсні і гармонічні завади.

Імпульсні завади виникають, як правило, у результаті стрибкоподібних змін значень тягового струму в рейках, на локомотиві, намагніченості рейок, при проходженні поїздом зон ізостиків, стрілочних переводів і т. д. Зокрема, постійний тяговий струм у рейках впливає на ПК локомотива лише в момент зміни свого значення і при наявності несиметричності струмів у рейках або в ПК. Імпульсні завади складаються з одиночних коротких імпульсів і пакета імпульсних завад. Момент їхньої появи, амплітуда і тривалість мають випадковий характер [6].

Основним джерелом імпульсних завад у системі передачі сигнальної інформації на локомотиви є самі локомотиви. Причинами їхньої появи звичайно є комутаційні процеси при струмозніманні, а також у колекторах тягових двигунів та інших електричних машин, перетворювальних установках, інших елементах електрокомутаційного обладнання локомотива.

До джерел гармонічних завад належать тяговий змінний струм промислової частоти, гармоніки постійного тягового струму, струми РК з відмінною сигнальною частотою, струми високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП), що індуктивно впливають на РЛ та ін. [7].

Дослідження, присвячені впливу на роботу АЛСН електромагнітних завад та інших негативних факторів у межах залізничної колії, завжди були і залишаються актуальними у зв'язку з неперервним зростанням енергонасиченості залізничного транспорту, плануванням підвищення швидкості руху поїздів [4, 8, 10].

Мета роботи. Шляхом аналітичних розрахунків визначити умови передачі сигнальної інформації з колії на локомотив за допомогою індуктивного каналу зв'язку між РЛ та локомотивними ПК. Розглянути закон зміни у часі електрорухомої сили (ЕРС) числового коду, що наводиться в локомотивних ПК, при їх переміщенні уздовж залізничної лінії в умовах коливань ПК у різних напрямках при наявності асиметрії тягового постійного та змінного струму. Дослідити ступінь впливу цього явища на якість роботи локомотивних пристроїв АЛСН при організації швидкісного руху.

Теоретичні передумови досліджень. Для визначення того, що відбувається з індукованою в локомотивних ПК ЕРС при їх переміщенні уздовж рейок і коливаннях у різних напрямках, розглянемо причини зміни параметрів схеми заміщення індуктивного каналу «РЛ-ПК», тобто взаємної індуктивності між ними.

Завади виникають при проходженні локомотивом зон ізолюючих стиків, коли магнітний зв'язок локомотивних котушок з рейковими нитками однієї блок-ділянки зменшується, а рейковими нитками іншої блок-ділянки збільшується. Знання цього виду завад необхідне при використанні в каналах АЛС методів приймання, при яких перехід

локомотива на нову блок-ділянку пов'язаний з уведенням у синхронізм колійних та локомотивних пристроїв, оскільки час входження в синхронізм залежить від дії завад, що виникають у початковий момент встановлення зв'язку. Знання параметрів цих завад важливе з точки зору оцінки інерційності системи АЛС у цілому.

З урахуванням складності конфігурації елементів індуктивного каналу зв'язку між РЛ та локомотивними ПК приймемо ряд припущень та обмежень, які дозволяють проведення відповідних розрахунків із достатньо точними результатами, що характеризують принаймні якісні загальні тенденції залежності взаємної індуктивності між двома контурами – «РЛ - виток ПК».

1. Для визначення взаємної індуктивності між рейковими нитками та ПК використано метод ділянок. Сутність методу полягає в тому, що контур будь-якої складної форми розбивається на окремі ділянки, які мають достатньо просту форму, після чого визначення індуктивностей складних контурів зводиться за

допомогою формул
$$L = \sum_{k=1}^n L_k + \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{n+m} M_{ki},$$

($i \neq k$),
$$M = \sum_{k=1}^n \sum_{i=n+1}^{n+m} M_{ki}$$
 до визначення

індуктивностей окремих ділянок контурів, що складаються відповідно з n та m окремих ділянок.

2. Провідники є лінійними, тобто мають поперечний переріз, лінійні розміри якого достатньо малі у порівнянні з іншими розмірами провідників та відстанями між ними. Тому при розрахунку взаємної індуктивності провідники розглядаються як тонкі нитки відповідної форми (у даному випадку – прямолінійної).

3. Значення власних індуктивностей при низькій частоті у першому наближенні приймаються такими, що дорівнюють їх значенню при постійному струмі, тобто при рівномірному розподілі струму по перерізу проводів (поверхневий ефект та ефект близькості відсутні).

4. Вважається, що абсолютна магнітна проникність середовища є однаковою для обох контурів, що зв'язані індуктивно.

При постійному струмі та низькій частоті індуктивність короткого прямолінійного

кругового проводу (виток локомотивної ПК) відповідно до [3] становитиме

$$L_{sum} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{r} - \frac{3}{4} + \frac{128}{45\pi} \cdot \frac{r}{l} - \frac{r^2}{4l^2} \right),$$

а нитки РЛ (рейки)

$$L_p = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{r} - 1 \right) + L_i,$$

де l – довжина проводу; r – радіус його поперечного перерізу; $L_i = \frac{\mu l}{8\pi}$ – внутрішня індуктивність рейки.

Дослідження завад від зміни взаємної індуктивності між локомотивними котушками та рейковими нитками. Для визначення взаємної індуктивності між РЛ та ПК ділянку РЛ під локомотивними ПК разом з першою колісною парою локомотива зобразимо як контур I обмеженої довжини, що розміщений у площині XOZ і має магнітний зв'язок із ПК (контур II на рис. 1).

Контур I має такі ділянки елементів струму: 1, 2 – рейкові нитки, 3 – перша колісна пара локомотива, 4 – умовна гілка із джерелом живлення змінного струму $u(t)$, за рахунок якого по рейкових нитках протікає сигнальний струм $i_c(t)$. У свою чергу один виток локомотивної ПК можна зобразити у вигляді контуру II, що розміщений у площині XOY , тобто площини контурів I та II взаємно перпендикулярні.

Згідно із законом електромагнітної індукції для замкнутих контурів ЕРС, що наводиться в контурі II, визначається виразом:

$$e(t) = -m(t) \cdot \frac{di(t)}{dt} - i(t) \cdot \frac{dm(t)}{dt}, \quad (1)$$

де $i(t)$, $m(t)$ – відповідно сигнальний струм АЛС у рейковій петлі й взаємна індуктивність контурів.

При наявності асиметрії змінного тягового струму, обумовленої параметрами елементів у РЛ, ЕРС, яка індукується в одній ПК, буде мати вигляд:

$$e(t) = -m(t) \cdot \frac{di(t)}{dt} - i(t) \cdot \frac{dm(t)}{dt} - m(t) \cdot \frac{di_0(t)}{dt} - i_0(t) \cdot \frac{dm(t)}{dt}, \quad (2)$$

де $i_T(t)$ – складова змінного тягового струму контуру I.

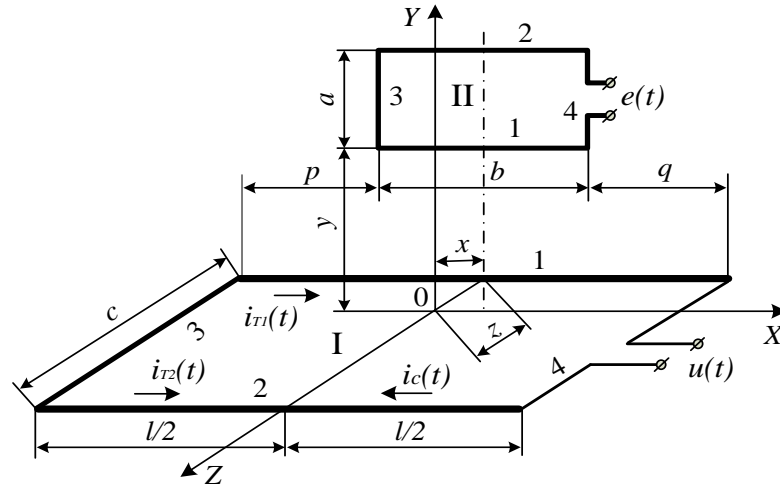


Рис. 1. Графічна модель індуктивно зв'язаних контурів рейкових ниток та витка локомотивної ПК

Таким чином, ЕРС, що наводиться в ПК, має ряд складових.

Перша складова у виразі (2), що обумовлена зміною в часі сигнального струму $i(t)$, інформація, яка передається з РЛ на локомотив, тому $i'(t)$ – корисний сигнал.

Друга складова виразу (2) обумовлена зміною магнітного зв'язку $m(t)$ між РЛ та локомотивними ПК внаслідок зміщення останніх відносно рейок у горизонтальному (Oz), вертикальному (Oy) напрямках при розкачуванні кузова локомотива у процесі руху. Ця завада є мультиплікативною та викликає паразитну амплітудну модуляцію залежно від амплітуди та прискорення коливань, але при зміні $m(t)$ за знаком наявна паразитна фазова маніпуляція $i(t)$. Завада виникає внаслідок зміни передавальної функції індуктивного каналу як ланки тракту передачі сигналів АЛСН.

При наявності в РЛ асиметрії тягового струму в ПК наводяться складові ЕРС-адитивні завади (флуктуаційні завади та імпульси або серія імпульсів, які зосереджені за спектром або із змінною частотою, не залежать

від швидкості руху поїзда (джерело завад – тягове обладнання локомотиву); гармонічні завади, зосереджені за спектром (кратні 50 Гц при електротязі змінного струму і 300 Гц – при постійному тяговому струмі), що обумовлені наявністю в нитках РЛ зворотного тягового струму різної величини.

Ці сигнали завад складаються із корисним сигналом АЛСН. Результуюча ЕРС завад у першій та другій ПК ($e_T(t) = e_{T1}(t) - e_{T2}(t)$) – третя складова у виразі (2).

Коливання кузова локомотива під час руху при наявності асиметрії тягового струму – причина появи у виразі (2) четвертої складової.

При постійному тяговому струмі ($i'_T(t) = 0$) зберігається синфазна складова завади (четверта складова), що обумовлена зміною взаємної індуктивності між рейками та ПК ($m'(t) \neq 0$).

Експериментальні дослідження показують, що момент появи імпульсних завад, їх інтенсивність, амплітуда і тривалість мають випадковий характер, тому призводять до збоїв у кодових посылках, але протягом часу, меншого за довжину кодового циклу, із

періодичністю, більшою за тривалість трьох кодових циклів, що в цілому не впливає на стійкість роботи АЛСН.

Згідно з поданою графічною моделлю індуктивно зв'язаних контурів рейкових ниток при протіканні по них сигнального струму $i(t)$ та витка локомотивної ПК (див. рис. 1) визначення взаємної індуктивності

паралельних проводів цих контурів у загальному випадку може бути зведено до визначення взаємних індуктивностей кількох пар окремих проводів [3]. Відстані між попарними елементами (ділянками струму) 1, 2 контуру I (перша цифра індексу) та 1, 2 контуру II (друга цифра індексу) визначаються таким чином:

$$d_{11} = \sqrt{z^2 + y^2}; \quad d_{12} = \sqrt{z^2 + (y+a)^2}; \quad d_{21} = \sqrt{(c-z)^2 + y^2}; \quad d_{22} = \sqrt{(c-z)^2 + (y+a)^2};$$

$$p = 0,5 \cdot (l-b) + x; \quad q = 0,5 \cdot (l-b) - x; \quad \alpha = b + p; \quad \beta = b + q; \quad \gamma = -q; \quad \delta = -p. \quad (3)$$

З цих виразів виходить, що взаємна індуктивність контурів залежить від параметрів їх взаємного зміщення x, y, z , та від конструктивних параметрів самих контурів a, b, c, l .

Складові взаємної індуктивності, що входять до контурів I і II і утворюють ділянки струмів, становитимуть:

– між елементом струму 1 контуру I та проводом 1 контуру II

$$M_{11} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot [\alpha \cdot \ln(\alpha + \sqrt{\alpha^2 + d_{11}^2}) - \beta \cdot \ln(\beta + \sqrt{\beta^2 + d_{11}^2}) - \gamma \cdot \ln(\gamma + \sqrt{\gamma^2 + d_{11}^2}) + \delta \cdot \ln(\delta + \sqrt{\delta^2 + d_{11}^2}) - \sqrt{\alpha^2 + d_{11}^2} + \sqrt{\beta^2 + d_{11}^2} + \sqrt{\gamma^2 + d_{11}^2} - \sqrt{\delta^2 + d_{11}^2}]; \quad (4)$$

– між елементом струму 1 контуру I та проводом 2 контуру II

$$M_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot [\alpha \cdot \ln(\alpha + \sqrt{\alpha^2 + d_{12}^2}) - \beta \cdot \ln(\beta + \sqrt{\beta^2 + d_{12}^2}) - \gamma \cdot \ln(\gamma + \sqrt{\gamma^2 + d_{12}^2}) + \delta \cdot \ln(\delta + \sqrt{\delta^2 + d_{12}^2}) - \sqrt{\alpha^2 + d_{12}^2} + \sqrt{\beta^2 + d_{12}^2} + \sqrt{\gamma^2 + d_{12}^2} - \sqrt{\delta^2 + d_{12}^2}]; \quad (5)$$

– між елементом струму 2 контуру I та проводом 1 контуру II

$$M_{21} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot [\alpha \cdot \ln(\alpha + \sqrt{\alpha^2 + d_{21}^2}) - \beta \cdot \ln(\beta + \sqrt{\beta^2 + d_{21}^2}) - \gamma \cdot \ln(\gamma + \sqrt{\gamma^2 + d_{21}^2}) + \delta \cdot \ln(\delta + \sqrt{\delta^2 + d_{21}^2}) - \sqrt{\alpha^2 + d_{21}^2} + \sqrt{\beta^2 + d_{21}^2} + \sqrt{\gamma^2 + d_{21}^2} - \sqrt{\delta^2 + d_{21}^2}]; \quad (6)$$

– між елементом струму 2 контуру I та проводом 2 контуру II

$$M_{22} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot [\alpha \cdot \ln(\alpha + \sqrt{\alpha^2 + d_{22}^2}) - \beta \cdot \ln(\beta + \sqrt{\beta^2 + d_{22}^2}) - \gamma \cdot \ln(\gamma + \sqrt{\gamma^2 + d_{22}^2}) + \delta \cdot \ln(\delta + \sqrt{\delta^2 + d_{22}^2}) - \sqrt{\alpha^2 + d_{22}^2} + \sqrt{\beta^2 + d_{22}^2} + \sqrt{\gamma^2 + d_{22}^2} - \sqrt{\delta^2 + d_{22}^2}]; \quad (7)$$

Оскільки елементи контуру II утворюють із складовим елементом струму 3 контуру I прямий кут, тому від елемента струму 3 контуру I в контурі II ЕРС не наводиться, в розрахункових виразах взаємної індуктивності елемент струму 3 контуру I відсутній.

Взаємні індуктивності між контурами I та II згідно з напрямом протікання по елементах контуру I (елементах струму 1 та 2) сигнального та зворотного тягового струму відповідно будить дорівнювати:

$$M_{C(I-II)} = M_{11} - M_{12} - M_{21} + M_{22}, \quad (8)$$

$$M_{T(I-II)} = M_{11} - M_{12} + M_{21} - M_{22}. \quad (9)$$

Визначення взаємної індуктивності між РЛ та ПК у виразах (8) та (9) обумовлені тим, що сигнальний струм протікає по рейці 1 у прямому, а у рейці 2 – зворотному напрямках (від джерела живлення на вихідному кінці РЛ утворюється струмовий шлейф через рейкові нитки та першу колісну пару поїзда), а напрям протікання по рейках 1 та 2 тягового струму збігається – від локомотива до тягової підстанції (РК двониткові).

Розрахунки взаємної індуктивності між контурами I та II (відповідають лінійним розмірам РЛ та ПК з кількістю витків $W = 3175$) виконані для кількох напрямів коливань ПК відносно рейок (рис. 2):

– статичний режим, ПК відносно РЛ не змінюють положення (висота підвісу ПК - $y_{ст}$, зміщення ПК від рейки у міжколійя – $z_{ст}$);

– коливання ПК відносно РЛ у вертикальному напрямі 1 (змінний параметр – $y = y_{ст} \pm \Delta y$, амплітуда коливань ± 50 мм, частота – 1,25-1,5 Гц);

– коливання ПК відносно РЛ у горизонтальному напрямі 2 (змінний параметр – $z = z_{ст} \pm \Delta z$, амплітуда коливань ± 50 мм, частота – 1,5-1,7 Гц);

– коливання ПК відносно РЛ одночасно у горизонтальному та вертикальному напрямках 3 та 4 (змінні параметри – $y = y_{ст} \pm \Delta y$, $z = z_{ст} \pm \Delta z$, параметри для напрямів коливань задано вище).

Розрахункові значення результуючих ЕРС на виході двох локомотивних ПК, включених послідовно зустрічно, протягом одного циклу числового коду 3, індукованих від дії сигнального (2,5 А, $f = 25$ Гц) та постійного тягового ($I_{T1} = 200$ А, $I_{T2} = 180$ А) або змінного ($I_{T1m} = 60$ А, $I_{T2m} = 65$ А, $f = 50$ Гц) струму при наявності, наприклад, коливань у горизонтальній площині, зображені відповідно на рис. 3, 4. Вісь абсцис має розмірність часу [с], вісь ординат – розмірність напруги [В] (окрім рис. 4, з, на якому за результатами моделювання сигнал має розмірність рівня напруги [dB]).

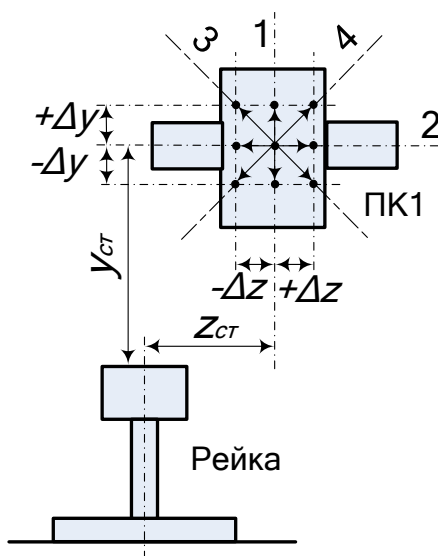


Рис. 2. Напрями коливань ПК відносно рейки при русі поїзда

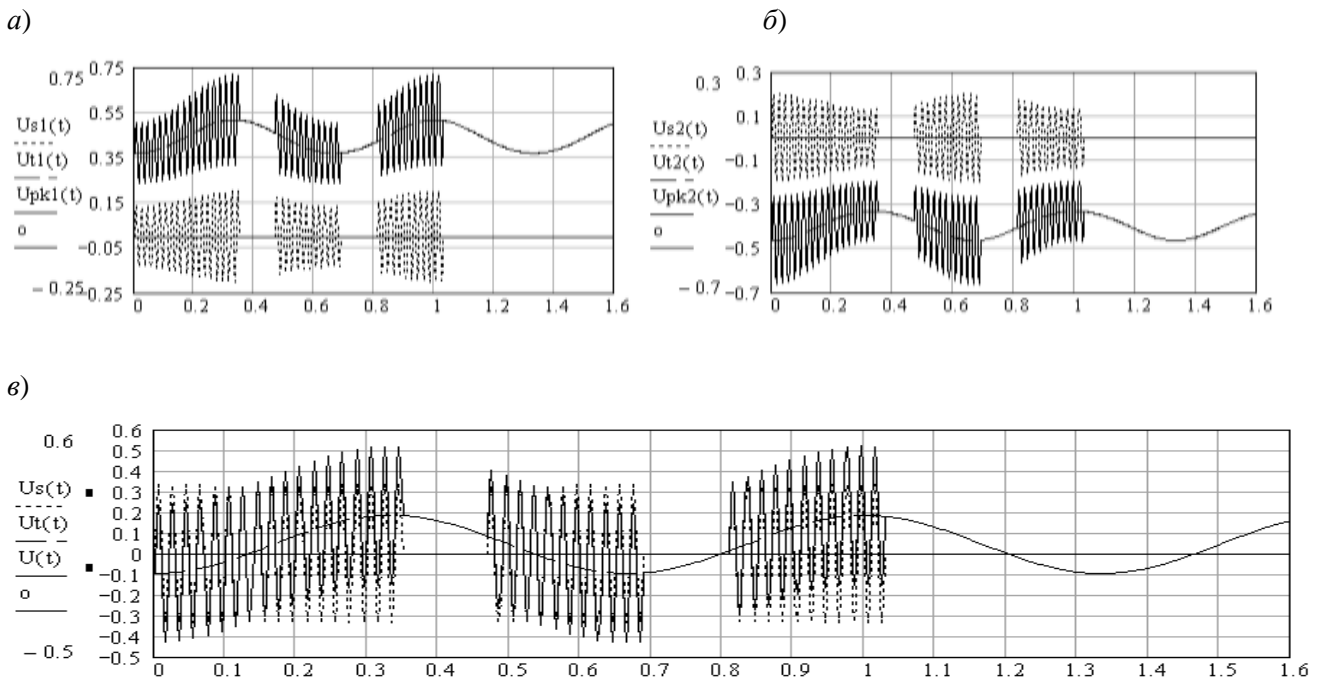


Рис. 3. Розрахункові значення ЕРС від дії сигнального і тягового постійного струмів:
 а – в ПК1; б – в ПК2; в – результуюча ЕРС на вході ФЛ

Для випадку коливань ПК при наявності в РЛ сигнального струму числового коду 3 та змінного тягового струму (асиметрія 10 %) результуючий сигнал $U_{pk}(t)$ (рис. 4, в) подано на смуговий фільтр $25 (\pm 7)$ Гц (смуга пропускання дорівнює аналогічним параметрам ФЛ). На рис. 4, г для загальної наочності процесу, що відбувається з сигналом при проходженні його через фільтр, зображено два цикли числового коду 3).

Проведене моделювання каналу зв'язку між рейками і локомотивними ПК, розрахунки коефіцієнта взаємної індуктивності між рейками та локомотивними ПК з урахуванням впливу на нього механічних коливань кузова локомотива у різних напрямках під час руху дозволяють визначити кількісні та якісні характеристики індукованої в ПК ЕРС від дії сигнального струму у сполученні зі зворотним тяговим змінним або постійним струмом.

Модуляція наведеної ЕРС у локомотивних ПК від сигнального струму числового коду і зворотного тягового струму від дії інших негативних чинників, що впливають на параметри індуктивного зв'язку між колією та ПК (наприклад, «шпального»

ефекту, що згідно з [6] складає до 1,5 %), матиме аналогічний проведенням розрахункам характер і вимагатиме аналогічних заходів з їх усунення за допомогою приймальних пристроїв АЛСН.

Висновок. Проведені розрахунки значень взаємної індуктивності між рейками та локомотивними ПК та впливу на неї механічних коливань у різних напрямках кузова локомотива під час руху дають змогу визначити кількісні та якісні характеристики індукованої в ПК ЕРС від дії сигнального струму у сполученні зі зворотним тяговим змінним або постійним струмом, які протікають у рейках. Отримані розрахункові дані ЕРС, що індукується в локомотивних ПК, дозволяють визначитися з характером завад при коливаннях ПК відносно рейок у процесі руху поїзда та заходами боротьби з цими завадами: мультиплікативною завадою, яка має вигляд модульованої із частотою коливань ПК ЕРС ($U_s(t)$) сигнального струму, та адитивною завадою, що обумовлена дією змінного тягового струму та коливаннями ПК ($U_t(t)$) (або дією постійного струму лише від механічних коливань ПК).

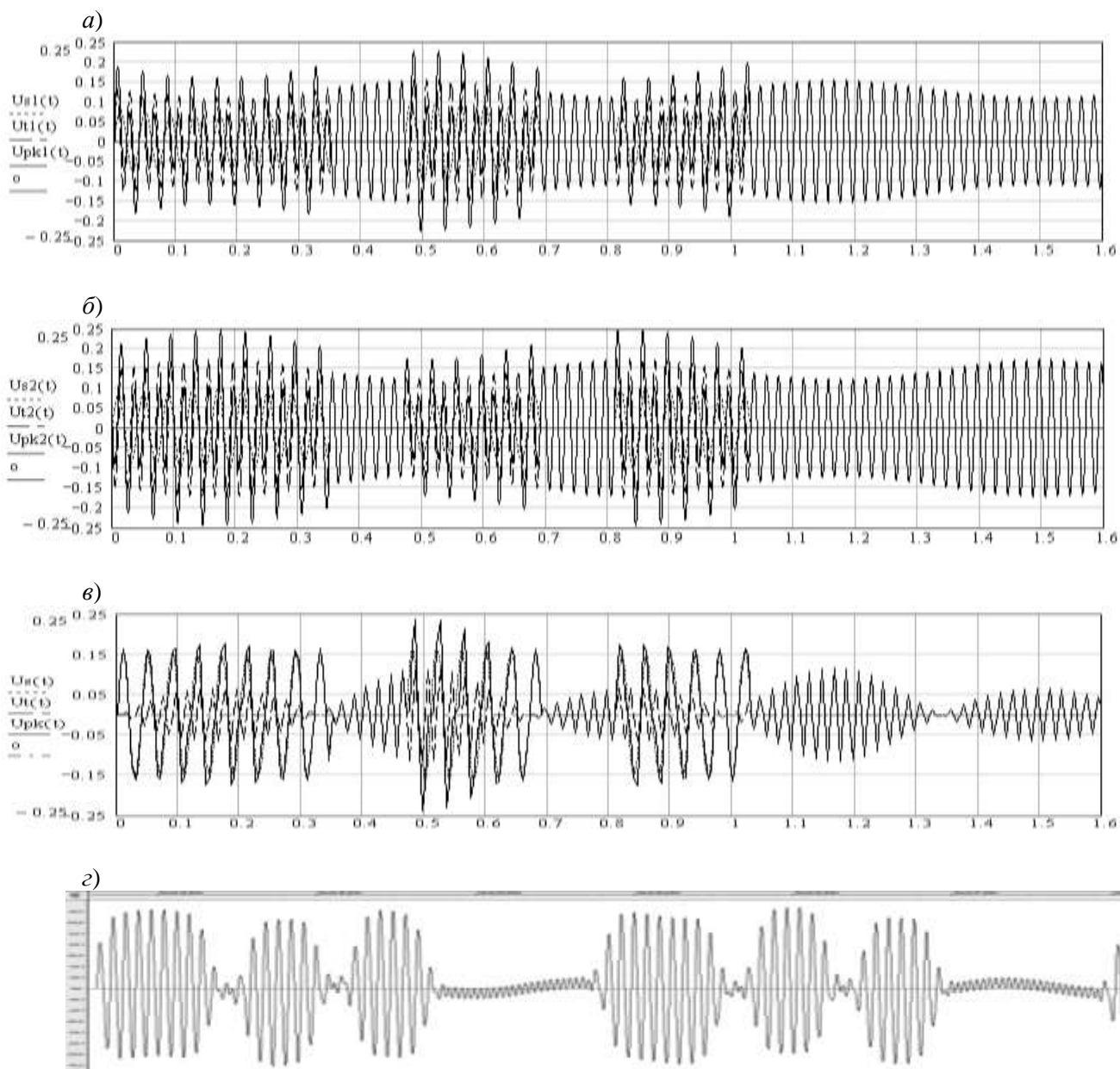


Рис. 4. Розрахункові значення ЕРС від дії сигнального і тягового змінного струмів:
а – в ПК1; б – в ПК2; в – результуюча ЕРС обох ПК; г – послідовність числового коду
на виході смугового фільтра 25 (± 7) Гц

Список використаних джерел

1. ВНД 32.1.07.000-02. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів [Текст] // Вимоги до інфраструктури та рухомого складу./ Укрзалізниця. – К., 2002 р.
2. Лисенков, В.М. Индуктивная связь с поездами [Текст] / В.М. Лисенков. – М.:Транспорт, 1976. – 112 с.
3. Калантаров, П.Л. Расчет индуктивностей [Текст]: Справочная книга / П.Л. Калантаров, Л.А. Цейтлин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 488 с.

4. Кошевий, С.В. Электромагнитное средовище вздовж дільниці залізниці і його вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації [Текст] / С.В. Кошевий, М.С. Кошевий, М.М. Бабаєв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4 (72). – С. 13-18.
5. Леонов, А.А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации [Текст] / А.А. Леонов. – М.: Транспорт, 1982. – 254 с.
6. Леушин, В.В. Аналитические исследования помех в каналах АЛС при экстремальных условиях [Текст] / В.В. Леушин // Тр. МИИТ, 1980. – Вып. 68. – С. 56 – 60.
7. Лисенков В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1987. – 150 с.
8. Михайлеску, Д. Неблагоприятные явления и уровни помех при электрической тяге [Текст] / Д. Михайлеску, М. Пантелимон // Железные дороги мира. – 1982. – № 10. – С. 57 – 63.
9. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, Е.Н. Розенберг; под ред. В.И. Сороко. – Кн. 2.– 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Планета, 2000.– 1006 с.
10. Эксплуатационные и технические параметры специализированных высокоскоростных пассажирских магистралей [Тест]: Сб. научн. тр.; под ред. Е.А. Сотникова, С.С. Жаброва – М.: Транспорт, 1989. – 94 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.І. Мойсеєнко

Комаревцева Катерина Олександрівна, слухачка магістратури Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 050-171-27-69.. E-mail: Ekaterina.kom.ua@yandex.ru.

Кошевий Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент, декан факультету підвищення кваліфікації Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 732-68-00. E-mail: ksv.xiit@gmail.com.

Komarevtseva Katerina O., student of Master Training and Research Institute of retraining and advanced training of Ukrainian State Academy of Railway Transport. Phone. 050-171-27-69. E-mail: Ekaterina.kom.ua@yandex.ru.

Koshevoy Sergey V. cand. of techn. sciences, associate professor, dean of training Ukrainian State Academy of Railway Transport. Phone (057) 732-68-00. E-mail: ksv.xiit@gmail.com.