

**СТРУКТУРНА СХЕМА ПЕРСПЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА
ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ**

Вступ. Останнім часом зафіксовано зростання вантажо- і пасажиропотоку [1], що вимагає вдосконалення рухомого складу залізниць. З метою підвищення конкурентоспроможності залізниць у порівнянні з іншими видами транспорту потрібно підвищувати прискорення і швидкості потягів, для чого необхідно підвищувати потужність електровозів з одночасним зменшенням його маси, для зменшення впливу на колію.

Особливо гостро стоїть вирішення цієї суперечної задачі для електровозів подвійного живлення, які доцільно будувати для залізниць України з метою ліквідації втрат часу при заміні електровозів у місцях стикування контактних мереж постійного струму напругою 3 кВ з мережею змінного струму на 25 кВ, а також зменшення експлуатаційних витрат.

При традиційних підходах у проектуванні, коли частота змінного струму приймається сталою і рівною 50 Гц, з підвищенням потужності підвищується маса локомотива. Маса тягового електропривода електровозів подвійного живлення – це в основному маса тягових двигунів, трансформатора та напівпровідникових перетворювачів.

Сучасні тенденції у проектуванні локомотивів з переходом від колекторних машин постійного струму до асинхронних дозволяють зменшити масу тягових двигунів більш, ніж у два рази при однакових потужностях, що суттєво з урахуванням того, що наприклад маса тягового двигуна ЭД141У1 дорівнює 4,75 т [4].

Суттєве зменшення маси тягового трансформатора можна досягнути за рахунок збільшення частоти струму.

Мета роботи (постановка задач дослідження). Обґрунтувати структуру електровоза подвійного живлення з урахування виконання тягового обладнання підвищеної частоти.

Матеріал і результати дослідження. Сучасна елементна база напівпровідникових пристроїв дозволяє збільшити частоту струму з 50 Гц до 1...10 кГц з можливим збільшенням верхньої межі у майбутньому.

Для виготовлення магнітопроводу трансформатора може бути використана електротехнічна сталь товщиною 0,05 мм. У теперішній час є досвід використання такої сталі для трансформаторів, які працюють на частотах до 20 кГц [2].

Відомо, що при підвищенні частоти при незмінних значеннях питомих магнітних втрат лінійні розміри та маса трансформатора орієнтовано визначаються наступними виразами [3]:

$$l \sim \frac{\sqrt[4]{P_{\text{ае}}}}{f^{0,09}}, \quad (1)$$

$$G \sim \frac{\sqrt[4]{P_{\text{ае}}^3}}{(f^{0,09})^3}, \quad (2)$$

де l - лінійні розміри трансформатора; $P_{\text{ае}}$ - електромагнітна потужність трансформатора;

f - частота трансформатора; G - маса трансформатора.

Наприклад, при переході від частоти $f = 50$ Гц до $f = 1000$ Гц можна лінійні розміри зменшити приблизно у

$$\left(\frac{1000}{50}\right)^{0,09} = 1,31 \text{ рази, а масу в } 1,31^3 = 2,25 \text{ рази.}$$

Орієнтовно зменшення лінійних розмірів та маси тягового трансформатора при збільшенні частоти струму у межах 15 кГц показано у таблиці.

Частота струму, Гц	5000	10000	15000
Зменшення лінійних розмірів трансформатора, разів	1,51	1,61	1,67
Зменшення маси трансформатора, разів	3,47	4,18	4,66

Наприклад маса тягового трансформатора ОНДЦЕД-6376-25 електровоза ДСЗ дорівнює 8370 кг. При застосуванні струму з частотою 15 кГц ця маса орієнтовано дорівнювала б 1596 кг.

Таке суттєве зменшення маси та габаритів тягових двигунів та трансформаторів дозволяє встановити на електровозі вхідний високовольтний напівпровідниковий перетворювач, який працюватиме у двох режимах: при

живлені від контактної мережі постійного струму 3 кВ та змінного струму 25 кВ. При цьому із збільшенням потужності електровоза його маса буде значно меншою, ніж маса електровоза тієї ж потужності при застосуванні у силових колах струму частотою 50 Гц.

Одним з можливих варіантів структурної схеми електровоза подвійного живлення з високочастотним трансформатором представлена на рис. 1

Схема представлена у вигляді двох контурів: мережевого та тягового (двигунів постійного або змінного струмів).

Перший контур призначено для перетворення електричної енергії з контактної мережі в напругу змінного струму підвищеної частоти, яку знімаємо зі вторинної обмотки високочастотного трансформатора. Первинна обмотка підключена до виходу високовольтного інвертора 1, вхід якого підключено безпосередньо до контактної мережі постійного струму або до виходу некерованого випрямляча 1, при змінному струмі у контактній мережі. Використання некерованого випрямляча, підключеного до контактної мережі змінного струму, дозволить виключати вплив кута комутації ключових елементів вхідного перетворювача на енергетичні показники електровоза, що спостерігається при застосуванні некерованого випрямляча. Підтримка напруги мережевого контуру на заданому рівні здійснюється інвертором 1.

При використанні тягового двигуна постійного струму для його живлення можливо використовувати керований випрямляч, підключений до вторинної обмотки високочастотного трансформатора (тяговий контур постійного струму). Керування режимами роботи тягового двигуна можливо за рахунок зміни режимів роботи керованого випрямляча та інвертора 1.

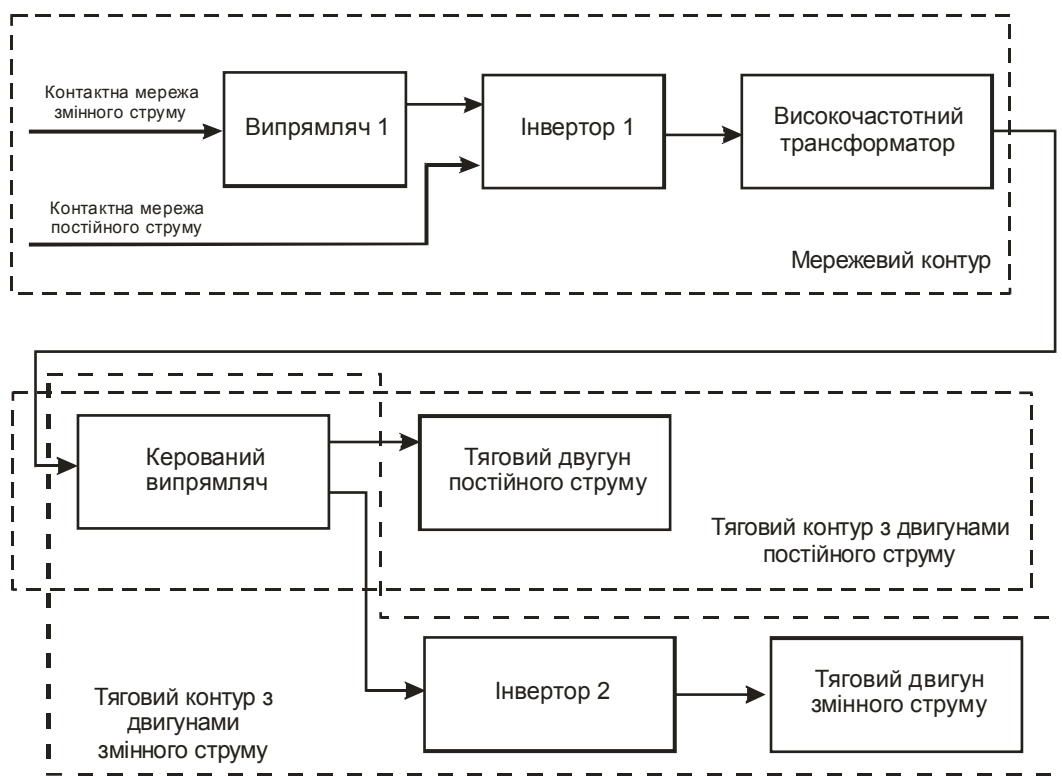


Рис.1. Структурна схема електровоза подвійного живлення з високочастотним трансформатором

При використанні тягового двигуна змінного струму, наприклад трифазного асинхронного двигуна, до складу тягового контуру змінного струму входить також трифазний інвертор 2. В цьому випадку режимами роботи тягового двигуна можливо керувати за допомогою трьох елементів структурної схеми: керованого випрямляча й інверторів 1 та 2.

Висновки. Розглянута на рис.1 структурна схема може бути рекомендована для електровоза подвійного живлення з використанням обладнання підвищеної частоти.

Література.

1. Мукминова Т.А. Прогрес залізничного транспорту визначається характеристиками тягового рухомого складу // Залізничний транспорт України, 2004, №5. – С. 31-34.
2. Д.Э. Брусникин, А.Е. Зохорович, В.С. Хворостов. Электрические машины, ч.1. –М.: Высшая школа, 1979. – 288 с.
3. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч.1. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
4. Отчет НИР «Экспертиза технической документации электровоза ДЭ1» (НИР № 8 СНЦ-284/96-505.96-ЦТех от 20.06.96 по заказу Укрзалізниці). - Дн-вск: ДИИТ, 1996. – 58 с.