

DOIMIY TOK ELEKTR UZATMALI TEPLOVOZLARDA QISQA TORMOZLASH TARTIBLARINING YUZAGA KELISH ASOSLARI

Ergashev Otabek Erkin o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti "Lokomotivlar va lokomotiv xo'jaligi" dotsenti

Yo'ldashbekov Suxrob Shuxrat o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti "Lokomotivlar va lokomotiv xo'jaligi" talabasi

Annotatsiya: Teplovozlardan samarali foydalanish va ularning ishlash umrini uzaytirish maqsadida, lokomotivlarning elektr jihozlari ishini chuqur o'rganish dolzarb hisoblanadi. Shu jumladan 2TE10M turidagi teplovozning tortuv generatori va tortuv elektrdvigatellari tok zanjiridagi teskari toklar oqimi muhim ahamiyatga ega. Bu toklar BIII kontaktorlarning kontaktlari erishi sabablarini o'rganish jarayonida aniqlangan. Bunda tortuv elektrdvigatellari magnit maydon susaytish tartibida ishlaganda, tortuv generatorining qo'zg'alishini o'chirgandan so'ng tortuv generatori tortuv elektrodvigatelining rezistorlari, tortuv elektrdvigatellari qo'zg'atish cho'lg'ami shuntlaridan teskari toklar oqishi kuzatrilgan. Ushbu maqolada teskari toklarning tortuv generatori va tortuv elektrdvigatellaridagi tok zanjirlarida namoyon bo'lish xususiyatlari amaliy-ilmiy asoslar va olimlarning ilmiy qo'lyozmalari bilan batafsil yoritib o'tilgan.

Kalit so'zlar: teplovoz, EYuK, qo'zg'atuvchi, kontaktor, teskari tok, magnit oqim, yuklanish zanjirlari, pnevmatik kontaktorlar.

Аннотация. Для эффективного использования локомотивов и продления срока их службы важно изучить работу электрооборудования локомотивов. В частности, важное значение имеет тяговый генератор тепловозного типа 2ТЭ10М и обратное протекание тока в цепи тока тяговых электродвигателей. Эти токи были обнаружены

при изучении причин оплавления контактов контакторов ВШ. В этом случае при работе тяговых двигателей в режиме затухания магнитного поля после выключения привода тягового генератора, резисторов тягового генератора тягового двигателя протекает обратный ток с шунтов тяговой двигатель. В данной статье подробно описаны особенности проявления обратных токов в токовых цепях тяговых генераторов и тяговых электродвигателей с научно-практической базой и научными рукописями ученых.

Ключевые слова: тепловоз, ЭДЦ, возбуждения, контактор, обратной ток, магнитной поток, цепи нагрузки, поездных контакторов.

Annotation. In order to use locomotives efficiently and prolong their service life, it is important to study the operation of locomotives' electrical equipment. In particular, the traction generator of the locomotive type 2TE10M and the reverse current flow in the current circuit of traction electric motors are important. These currents were detected during the study of the causes of contact melting of VSh contactors. In this case, when the traction motors are operating in the mode of attenuation of the magnetic field, after switching off the drive of the traction generator, the resistors of the traction generator of the traction motor, the reverse current flows from the shunts of the traction motor. This article describes in detail the features of the manifestation of reverse currents in the current circuits of traction generators and traction electric motors with the practical-scientific basis and scientific manuscripts of scientists.

Key words: diesel locomotive, EDC, excitation, contactor, reverse current, magnetic flux, load circuits, train contactors.

1980-yilda birinchi marta 2TE10M teplovozida ПКГ-565 tipidagi ВШ kontaktorlarning kontaktlari erishi sabablarini o'rganish davomida tortuv elektrdvigatellari

magnit maydon susaytish tartibida ishlaganda, tortuv generatorining qo'zg'alishini o'chirgandan so'ng kuch zanjirida teskari toklar oqishi aniqlandi. Teskari tok quyidagi tok zanjirlar bo'ylab oqib o'tadi: tortuv generatori tortuv elektrodvigatelining rezistorlari, tortuv elektrdvigatellari qo'zg'atish cho'lg'ami shuntlaridan. Tortuv elektrodvigatelining qo'zg'atish cho'lg'ami tokining yo'nalishi o'zgarishsiz qoladi. Tortuv generatori qo'zg'atuvchisi o'chirilgandan keyin tortuv elektrdvigatellari to'liq maydon tartibida ishlaganda, teskari tok kuch zanjirlarda paydo bo'lmagan. Olim V.N.Jidkov o'z qo'lyozmalarida stendda generator va elektrdvigateldan iborat bo'lgan zanjir misolida teskari toklar tushuvi paydo bo'lishining fizik mohiyatini taqdim etdi va eksperimental ravishda tasdiqladi. Bunday zanjir parallel ravishda ulangan tortuv elektrdvigatellari ning boshqa jarayon o'tishiga ta'sirini bartaraf etishga imkon beradi. Pnevmatik kontaktor PK (ПК) va qo'zg'atish kontaktori QK (KB) o'chirilganda tortuv generatorining kuchlanishi yuklanish zanjirida kuchlanish pasayishi va dvigatelning qarshi EYuK si bilan muvozanatlanadi:

$$U_{\Gamma} = E_{\Delta} + IR \quad (1)$$

Bu yerda IR- yuklanish zanjirida kuchlanish pasayishi;

E_{Δ} - dvigatelning qarshi EYuK.

QK (KB) kontaktori o'chirilgandan so'ng, tortuv generatorining yuklanish zanjirida kuchlanish pasayishi $IR(t)$ - keskin nolgacha tushadi. Qutblar magnit oqimining o'zgarishi tokning o'zgarishidan orqada qoladi. Umumiy holda, magnit oqimning vaqt funksiyasi sifatida quyidagi ko'rinishdagi ifoda orqali ko'rishimiz mumkin:

$$\Phi_{\Pi} = \Phi_{\text{H}} - \frac{\partial \Phi}{\partial t} t \quad (2)$$

Bu yerda Φ_{Π} - magnit oqimining o'tish jarayonidagi qiymati;

Φ_{H} - magnit oqimining o'tish jarayonigacha qiymati;

Bunday holda tortuv generatorining o'tish jarayonidagi $U_{\Gamma}(t)$ kuchlanishi quyidagicha:

$$U_{\Gamma}(t) = f(\Phi_{\text{HR}} - \frac{\partial \Phi_{\Gamma}}{\partial t} t) \quad (3)$$

Tortuv generatorining $U_{\Gamma}(t)$ kuchlanishini kamayishi tortuv elektrodvigatelining aylanish chastotasi doimiy bo'lganda va pnevmatik kontaktori yoqilganda dvigatel tokining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Dvigatelning toki nolga tomon intiladi. Shuning uchun, xuddi shunday ifoda (3) bilan tortuv elektrdvigatelining qarshi EYuK $E_{\text{d}}(t)$ uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\ell_{\text{d}}(t) = \phi(\Phi_{\text{HD}} - \frac{\partial \Phi_{\text{d}}}{\partial t} t) \quad (4)$$

Shuni hisobga olib, IR – yuklanish zanjiridagi kuchlanishning tushuvi tortuv elektrdvigatelining qarshi EYuKsi bilan kichik tenglashtirish bo'yicha quyidagini qabul qilish mumkin.

$$U_{\Gamma}(t) = e_{\text{d}}(t)$$

$$\text{yoki} \quad f(\Phi_{\text{HR}}) - f(\frac{\partial \Phi_{\Gamma}}{\partial t} t) = \phi(\Phi_{\text{HD}} - \frac{\partial \Phi_{\text{d}}}{\partial t} t) \quad (5)$$

$f(\Phi_{\text{HR}})$ va $\phi(\Phi_{\text{HD}})$ o'tish tartibigacha bo'lgan qiymatlari, $f(\frac{\partial \Phi_{\Gamma}}{\partial t} t)$ va $\phi(\frac{\partial \Phi_{\text{d}}}{\partial t} t)$ o'tish jarayonining qiymatlari ega bo'lgan magnit oqimlarining o'zgarish tezligini belgilaydi. Tortuv generatorining kuchlanishi o'tish jarayoni vaqtida quyidagicha ko'rinishga ega:

a) $\frac{d\Phi_{\Gamma}}{dt} = \frac{d\Phi_{\text{d}}}{dt}$ bo'lganda, tortuv elektrodvigatelining qarshi EYuKga teng.

Tortuv generatorining qutblari magnit oqimining turg'unlik vaqti o'tish jarayoni vaqtining o'rnatilgan qiymatlardan nolgacha aniqlaydi:

b) Tortuv elektrodvigatelining qarshi EYuK $\frac{d\Phi_{\Gamma}}{dt} > \frac{d\Phi_{\text{d}}}{dt}$ bo'lganda, tortuv generatorining kuchlanishi oshib ketadi. Chunki teskari tokning paydo bo'lishiga olib keladi. O'tish jarayonining davomiyligi tortuv elektrodvigatelining magnit oqimining nolgacha kamayish vaqti bilan belgilanadi:

c) O'tish jarayonining davomiyligi $\frac{d\Phi_{\Gamma}}{dt} < \frac{d\Phi_{\Delta}}{dt}$ bo'lganda, tortuv generatorining qutblarini magnitsizlantirish vaqtini belgilaydi. Tortuv elektrodvigateli zanjiridagi tokni tortuv generatori o'zining yo'nalishiga o'zgartira olmaydi.

Teplovozda o'tish jarayoni $\Pi 1 + \Pi 6$ pnevmatik kontaktorlari yoqilganda tortuv generatorining qo'zg'alishini olib tashlash natijasida, rezistor shuntlari $i_k(t)$ va dvigatel yakori toki $i_{\Delta}(t)$ ning yo'nalishining o'zgarishi yuzaga keladi.

Tortuv elektrodvigateling qo'zg'atish cho'lg'ami toki $i_{oa}(t)$ maydon susaytirish kontaktorining o'chirilish momentigacha yo'nalish bo'yicha o'zgartirilmaydi. Shuning uchun, tok kontaktorining kommutatsiya momentida qo'zg'alish cho'lg'ami to'g'ri tokining va yakor teskari tokining yig'indisi aniqlanadi. Xizmat safarida ro'yxatga olingan teskari tokning qiymati $I_k = -855A$.

Bu tok BIII kontaktorlarida kommutatsiyalanadi. Bu holda kommutatsiya tokining qiymati ПКТ-565 turidagi BIII kontaktorlari kommutatsiya toki $I_k(t)$ ning ruxsat etilgan qiymatidan oshadi.

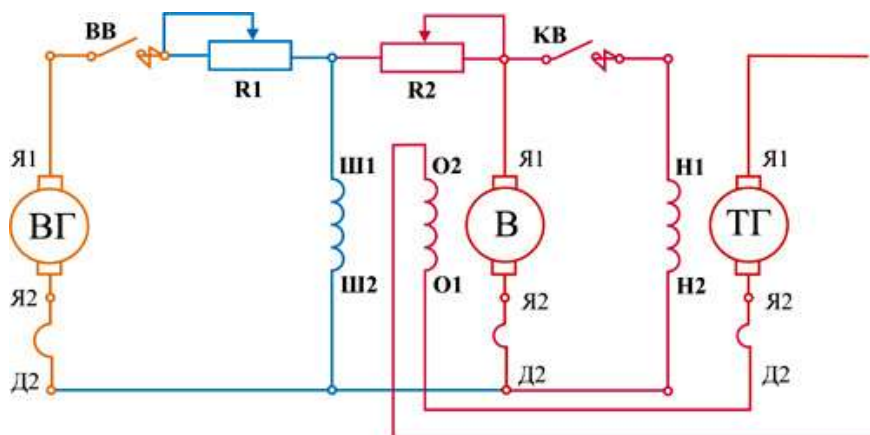
Elektr uzatmalarda o'tish jarayonlari generatorning qo'zg'alishini yechilishi pnevmatik kontaktorlar ushlab turish vaqtisiz o'chirilganda, faqat tortuv elektrdvigatellari ning qo'zg'atish cho'lg'ami rezistorlarida teskari toklar namoyon bo'lishini kuzatish mumkin. Tortuv generatori zanjirlarida tokning o'zgarishi – tortuv elektrdvigatellari ning EYuKsini va tortuv elektrdvigatellari ning qo'zg'atish cho'lg'ami o'zinduksiya toki oqimini keltirib chiqaradi.

KB, $\Pi 1 + \Pi 6$ tez ishlashi mavjud bo'lganda va tortuv elektrodvigateli yakorining toki momentiga BIII kontaktorining o'chirilishi nolgacha kamayadi. Shuning uchun BIII kontaktori faqat qo'zg'atish cho'lg'aming o'zinduksiya tokini kommutatsiyalaydi.

Ayrim hollarda, BIII kontaktorining kommutatsiyasidan so'ng, tortuv dvigateling tok qiymatlari salbiy tomondan ijobbiy tomonga o'tadi. V.I. Yushko, V.N. Jidkovlar o'z ishlarida buni BIII kontaktorlarida yoy yonishi natijasida yuzaga keladigan tebranish jarayoni deb tushuntirdi. Keyinchalik olimlar V.I. Yushko, V.N. Jidkov faqat salbiy

qiymatlar tomonga o'tishni tushuntirdi. Yana ijobiy qiymatlar tomonga o'tish $\Pi 1 + \Pi 6$ pnevmatik kontaktorlarini kammutatsiyalashtirish bilan izohlanadi. Shu sababli, hozirgi kunga qadar tortuv elektrodvigatelining yakori tokining nol qiymati ikki alohida o'tishi aniq

tushuntirilmagan va nazariy asoslashni talab etadi.



1-rasm. TЭM2 teplovozi
tortuv generatorning
qo'zg'atish zanjiri sxemasi

Xuddi TЭ10 teplovozlari kabi, TЭM2 teplovozlari $\Pi 1 \div \Pi 2$ pnevmatik kontaktorlari vaqt kechikishi bilan o'chiriladi. Shuning uchun, tortuv elektrdvgatellari ni magnit maydon susaytirish va to'liq maydon tartiblarida tortuv generatorini qo'zg'atishdan o'chirilgan holatda $U_r(t)$ kuchlanish va $i_r(t)$ tokni osillogrofda keltirilgani kabi teskari toklar aniqlanadi. Qo'zg'atish kontaktorlari QK (KB) o'chirilayotganda, kontrollerni va "Mashinalarni boshqarish" tumblerlari nol holatiga o'tqaziladi. Agar ТКПД-45-10 qo'zg'atishni susaytirish kontaktori o'rnatilgan bo'lsa, tortuv elektrdvgatellari ning qo'zg'atish cho'lg'amlari shuntlarida, rezistor va yakorlarida teskari tokning tushuvi paydo bo'lgan (2-rasm). Teskari tok faqat "Mashinalarni boshqarish" tumblerlari QK (KB) kontaktorining o'chirilganida kuzatilgan. Tortuv elektrdvgatellari ning to'liq maydon tatribida ishlaganda teskari toklar oqimi kuzatilmagan. Xuddi shunday natijalar TEM-2 teplovozida ham olingan

(TKПД-45-10 kontaktorlari ularga o'rnatilmagan).



2-rasm. ТКПД-45-10 qo'zg'atishni susaytirish kontaktori

Xulosa. TE10 turidagi teplovozlar doimiy tokining elektr uzatmasidagi o'tish jarayoni, tortuv elektrdvigatellari ning OII1 va OII2 tartiblarida ishlaganda, pnevmatik kontaktorlari yoqilganda, tortuv generatorining qo'zg'alishini olib tashlash natijasida, rezistorlar va tortuv elektrdvigatellari ning yakorlarida teskari tokning tushuvi, tortuv elektrdvigatellari ning qo'zg'alish cho'lg'aming shuntlashishi yuzaga kelganligi kuzatildi;

-tortuv elektrdvigatellarining qo'zg'alish kontaktori BIII tortuv elektrdvigatellari ning qo'zg'alish cho'lg'ami o'zinduksiya tokining va yakor teskari tokining yig'indisini kommutatsiyalaydi;

-tortuv elektrdvigatellari to'liq maydon tartibida ishlaganda, tortuv generatorining qo'zg'alishini olib tashlash natijasida teskari tokning yo'qligini ko'rsatadi. Bu holda tortuv elektrodvigateli kuchlaninshini kamayishi toruv generatorinikidan katta hisoblanadi;

-tegishli taxminlarga ko'ra, TE10 turidagi teplovozlarning kuch zanjirlarida teskari toklarning tabiati haqidagi yuqoridagi fikr TEM2 teplovozlarga ham tegishli, ya'ni doimiy tokning elektr uzatmalari bilan ishlaydiga barcha teplovozlarga tegishli.

Adabiyotlar:

1. Ergashev, O., & Kasimov, O. (2025). Scientific and practical substantiation of transient processes in asynchronous electric motors of mainline electric locomotives. *Vibroengineering Procedia*, 60, 252-259.
2. Kasimov, O., & Ergashev, O. (2025). Investigation of transient processes in auxiliary asynchronous electric motors of locomotives using differential equations. *Vibroengineering Procedia*, 60, 758-765.
3. S. Jamilov, O. Ergashev, M. Abduvaxobov, S. Azimov, and S. Abdurasulov, "Improving the temperature resistance of traction electric motors using a microprocessor control system for modern locomotives," *E3S Web Conf.* 401, 03030 (2023). [https://doi: 10.1051/e3sconf/202340103030](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103030)

4. O. Ergashev, O. Kasimov, S. Djamilov, S. Azimov, and Z. Keldibekov, “Improvement of diagnostics of traction electrical motors of railway rolling stock,” AIP Conf. Proc. 3045, 050041 (2024). <https://doi:10.1063/5.0197378>.
5. Djanikulov A.T., Safarov O’I. “O‘zgaruvchan-o‘zgarmas tok uzatmali teplovozlarda TED magnit maydonini susaytirish jarayonining tahlili”. Scientific progress volume 2 | issue 3 | 2021
6. Джаникулов А.Т., Сафаров Ў.И., Реймов D.Sh. “UzTE16M тепловозининг дизелини ишга тушиш жараёнида тортув генератори чўлғамида хосил бўладиган эюк”. The journal of academic research in educational sciences volume 2, issue 11 november 2021.
7. Safarov O’I., Haydarov O.U. “ED-118 rusumidagi tortuv elektrdvigatellarini magnit maydon susaytirish zanjirini holatini adabiyotlardagi tahlil qilish” academic research in educational sciences volume 2 | issue 8 | 2021.
8. Сафаров Ў.И., Якубов Ж.К., Абдулатипов У.И. “2ТЭ10М русумидаги тепловозида ўрнатилган РД-3010 типидagi ўтиш релесини таъмирлашдан сўнг электр аппаратларининг автоматлаштирилган стендида текширишни такомиллаштириш”. The journal of academic research in educational sciences volume 2 | issue 8 | 2021 may.
9. В.И. Юшко. Опрокидывание тока в силовых цепях электрических передач тепловозов. Труды ТашИИТ, вып.169/9, Ташкент, 1980,с.19-27.
10. В.Н. Жидков, А.Х. Газиев. Некоторые переходные процессы в энергетической цепи тепловозов типа ТЭ10. Труды ТашИИТ, вып. 88, Ташкент, 1972, с.157-165.
11. В.И. Юшко, В.Н. Жидков, Э.С. Исмаилов. Колебания тока генераторов и тяговых электродвигателей тепловозов 2ТЭ10Л и 2ТЭ116 при сильных возмущениях. Труды ТашИИТ, вып. 97, Ташкент, с.43-50.
12. А.Д. Глуценко, В.И. Юшко. Динамика тяговых электродвигателей тепловозов. Ран., Ташкент, 1980, 165с.