

Икки чулғамли куч трансформаторининг дифференциал ҳимоясини моделлаштириш

Ф.Н.Тўйчиев,

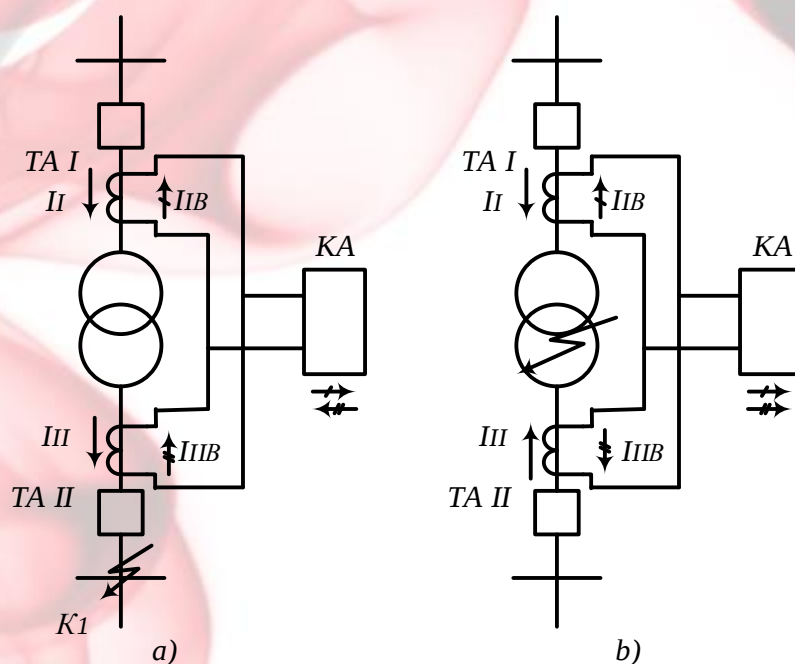
А.А.Жўраев

Тошкент давлат техника университети

Аннотация. Мақолада икки чулғамли куч трансформаторининг дифференциал ҳимоясини тадқиқ қилиш модели келтирилган. Модел MatLab-Simulink динамик моделлаштириш муҳитининг SimPowerSystems (Simscape) кенгайтма пакети ёрдамида ишлаб чиқилган ва қуйидаги элементларни ўз ичига олади: қувват манбаи, уч фазали куч трансформатори, уч фазали ток трансформаторлари гуруҳлари ва трансформаторнинг дифференциал ҳимояси модели. Ишлаб чиқилган модел ёрдамида трансформаторнинг дифференциал ҳимоясининг ишлаши ташқи ва ички (ҳимоя қилинаётган трансформаторга нисбатан) шикастланишларда, яъни ички қисқа туташув ва ташқи қисқа туташувларда тажриба усули билан текширилди. Кўриб чиқилаётган ҳар бир ҳолат учун ўрганилаётган ҳимоянинг тоқлари ва кучланишларининг осциллограмлари келтирилган.

Электр тармоқларининг энг муҳим электр қурилмаларидан бири бу трансформатор ҳисобланади. Трансформаторлар ва автотрансформаторларда қуйидаги турдаги шикастланишлар мавжуд: трансформатор қобиғининг ичидаги ва чулғамларининг ташқи чиқиш қисқичларида фазаларо туташув; битта фаза чулғамларининг ўрамлари орасидаги туташув (ўрамларо туташув дейилади); трансформатор чулғамини ва унинг ташқи чиқишларида ерга туташув; трансформатор магнит ўтказгичининг шикастланиши, бунинг натижасида ушбу жойда қизиш ва “пўлат ўзакда ёнғин” га олиб келади. Кўп йиллик тажрибалар шуни кўрсатадики, трансформаторнинг чиқишларида қисқа туташув ва чулғам ўрамлар орасида туташув жуда кўп бўлиб туради [1,2].

Трансформаторда фазаларо қисқа туташув, бир фазали ерга туташув ва бир фазанинг ўрамларини туташувида тез ишловчи асосий реле ҳимояси сифатида дифференциал реле ҳимояси кенг тарқалган (1-расм) [3,4].



1-расм. Трансформатор дифференциал ҳимояси:

а) ташқи қисқа туташув бўлганда; б) трансформаторда қисқа туташув бўлганда

Агар ташқи қисқа туташув ва юкламада I_I ва I_{II} тоқлар бир томонга йўналган бўлади (1,а-расм) ва ҳимоя қилинадиган трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентига тенг бўлган нисбатда бўлади:

$$I_{II} / I_I = K_T \quad (1)$$

Ташқи қисқа туташувда ҳимоя ишламаслиги керак, трансформаторда қисқа туташув бўлганда эса ишлаши керак [5]. Шунинг ҳисобга олган ҳолда ҳимоянинг схемаси ишлаб чиқилади. Схемани таъминловчи TAI ва $TAII$ ток трансформаторлари ҳимоя қилинадиган трансформаторнинг иккала томонига ҳам ўрнатилади. Уларнинг иккиламчи чулғамини турли номдаги кутблари шундай уланиши керакки, ташқи қисқа туташув ва юкламада иккиламчи I_{IB} ва I_{IIB} тоқларнинг йўналиши уловчи ўтказгичлар контурида кетма-кет бўлиши лозим (у бўйича циркуляция қилиши керак). КА дифференциал реле ток трансформаторларининг иккиламчи чулғамларига параллел уланади. Бундай уланиш ташқи қисқа туташув бўлганда ва юклама тоқида иккиламчи I_{IB} ва I_{IIB} тоқлар КА реленинг чулғамида туташади ва йўналиши қарама-қарши бўлади, шунинг учун реледаги ток иккиламчи тоқларнинг фарқига тенг:

$$I_p = I_{IB} - I_{IIB} \quad (2)$$

Ҳимоя қилинадиган трансформаторда қисқа туташув бўлганда I_{IB} ва I_{IIB} иккиламчи тоқлар реленинг чулғами орқали бир хил йўналишда оқади (1,б-расм), натижада реледаги ток уларнинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$I_p = I_{IB} + I_{IIB} \quad (3)$$

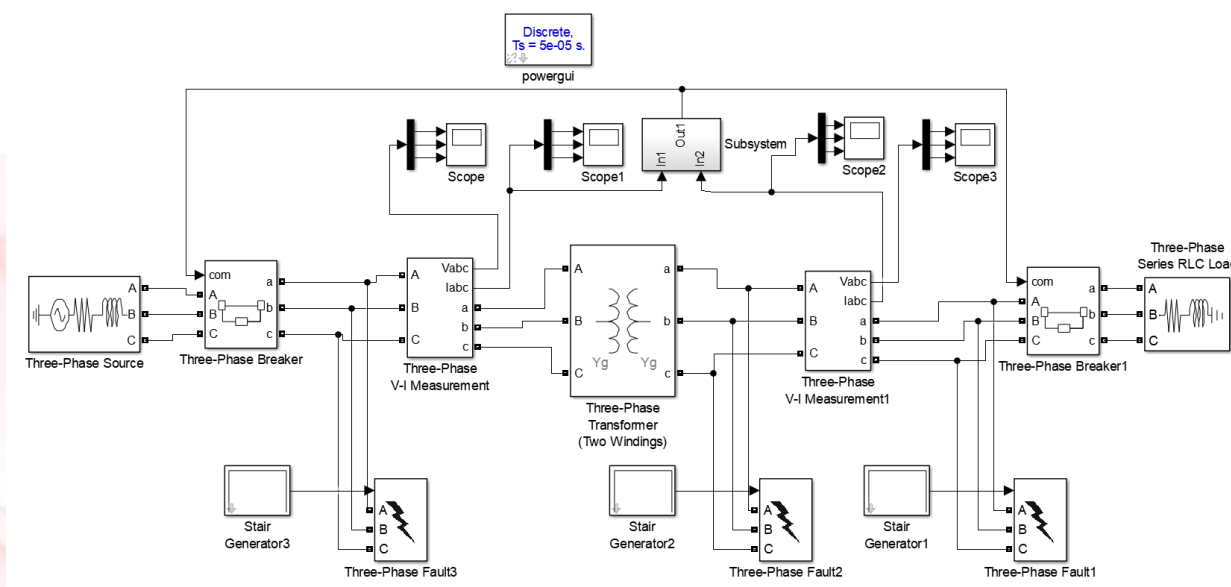
Агар $I_p > I_{pн}$ бўлса реле ишлайди ва трансформаторни ўчиради.

Юкламада ва ташқи қисқа туташувда дифференциал реле ҳимояси ишламаслиги учун дифференциал ҳимоянинг елкаларидаги иккиламчи тоқларни шундай тенглаштириш керакки, реледа ток бўлмаслиги керак:

$$I_p = I_{IB} - I_{IIB} = 0 \quad (4)$$

Моделлаштириш ҳозирги вақтда ҳақиқий объектларнинг физик хусусиятларини замонавий илмий тадқиқ этишининг муҳим усулларида биридир. MATLAB/Simulink дастури ёрдамида электротехник элементлар, энергия манбалари, электр моторлар, трансформаторлар, электр узатиш линиялари ва ҳ.к. ларни моделлаштириш мумкин. Simulink пакети, чизикли ва нозикли динамик тизимларнинг ўзини қандай тутишини тадқиқ қилиш (ва қисқа туташувда моделлаштириш) имконини беради. Бунда “дастур” ни тузиш ва тизимлар тавсифларини киритишни мулоқот режимида – экранда элементлар схемасини йиғиш йўли билан амалга ошириш мумкин [6,7].

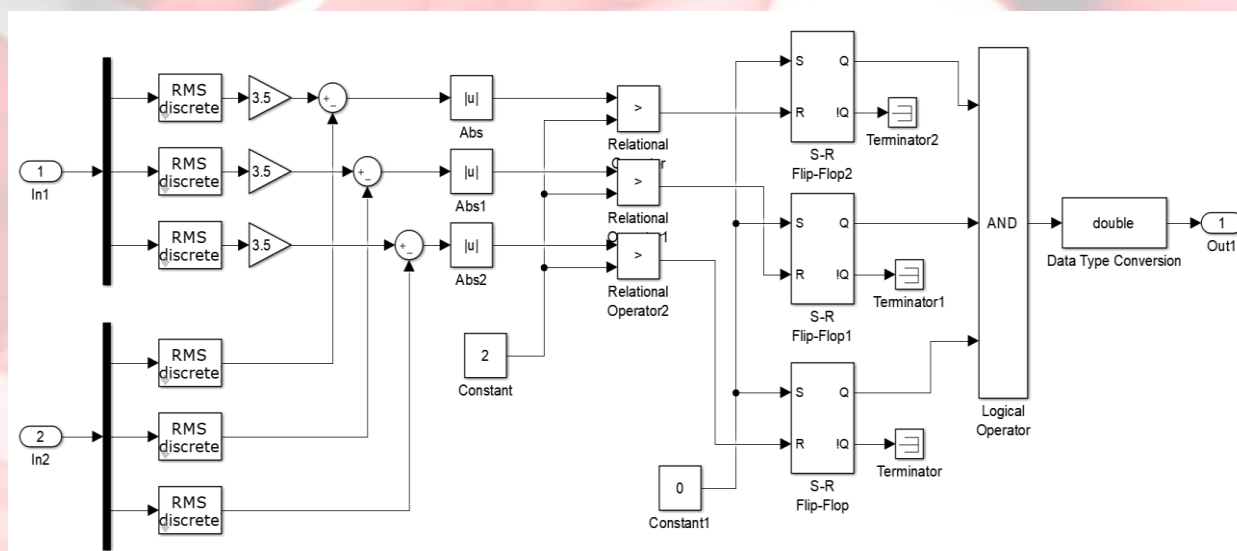
2-расмда MATLAB/Simulink дастури икки чулғамли куч трансформаторини модели келтирилган. Ушбу моделда 35/10 кВ кучланишли энергия тизими мавжуд бўлиб, у электр узатиш линияси ва трансформатор ўртасидаги ток бўйича реле ҳимояси схемасига эга. Тадқиқ қилинадиган куч трансформатори уч фазали қувват генераторидан ташкил топган энергетика тизимига уланган.



2-расм. MATLAB/Simulink дастурида дифференциал ҳимоя модели

Энергия тизимининг модели MATLAB/Simulink дастури ёрдамида ишлаб чиқилган. 2-расмда энергетика тизимининг моделида дифференциал реле кўрсатилган. Электр энергиясини тақсимлаш тизимининг умумий кўриниши уч фазали узгичга уланган уч фазали манбадан иборат. Уч фазали узгичдан кейин электр узатиш линияси уланган. Уларнинг орасида уч фазали ток-кучланиш ўлчагич (Three-Phase V-I Measurement) уланган бўлиб, юклама токини қийматини ўлчаш учун ишлатилади. Линия охирида уч фазали кетма-кет уланган RLC юклама уланган.

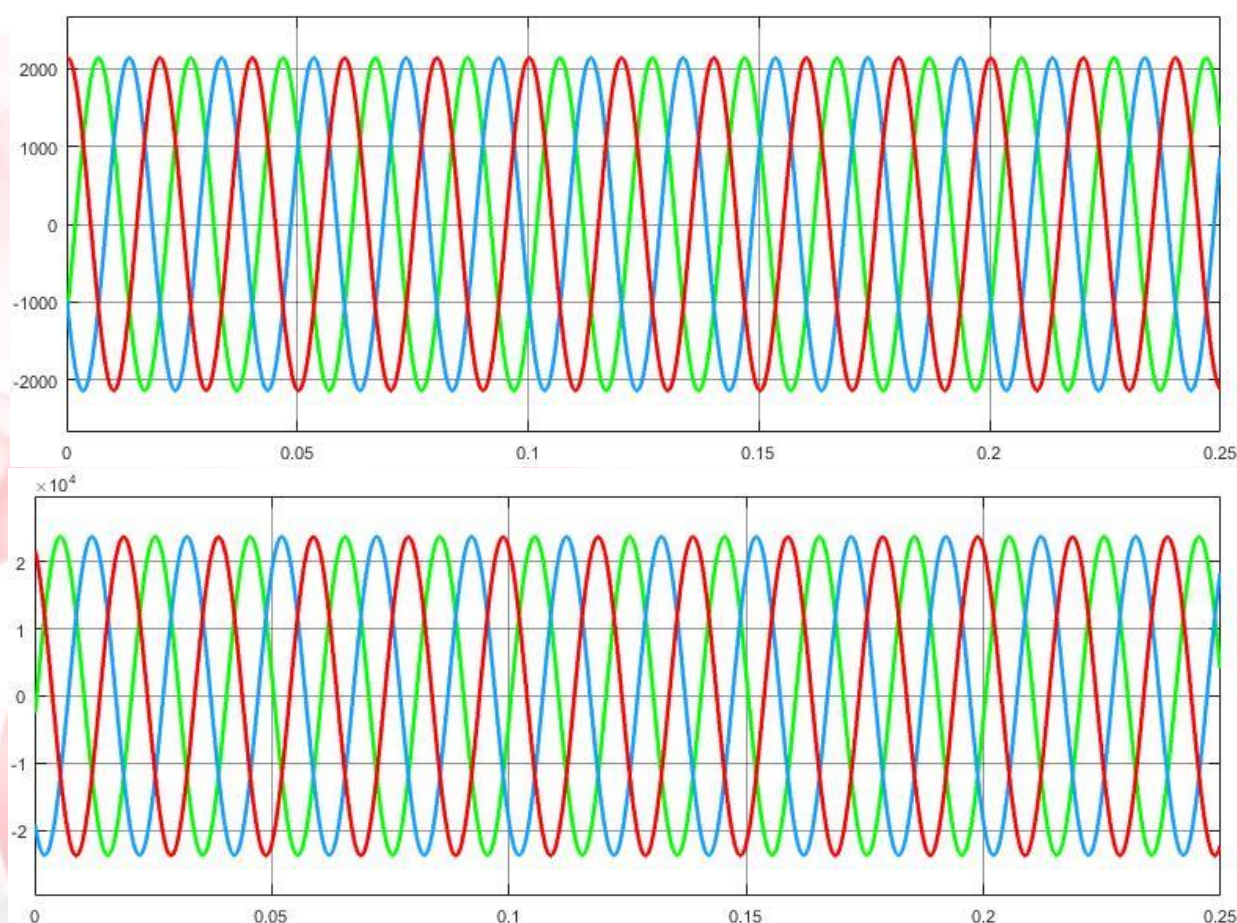
3-расмда MATLAB/Simulink дастурида дифференциал релени тузилиши келтирилган бўлиб In1 ва In2 кириш портларидан ташкил топган. Тизимни таҳлил қилиш учун ушбу иккита кириш сигнали учта параллел шахобчага бўлинади. Трансформаторни паст кучланиш ва юкори кучлани томонидан келадиган сигналлар амплитудаси сумматорда таққосланади.



3-расм. Дифференциал реленинг модели.

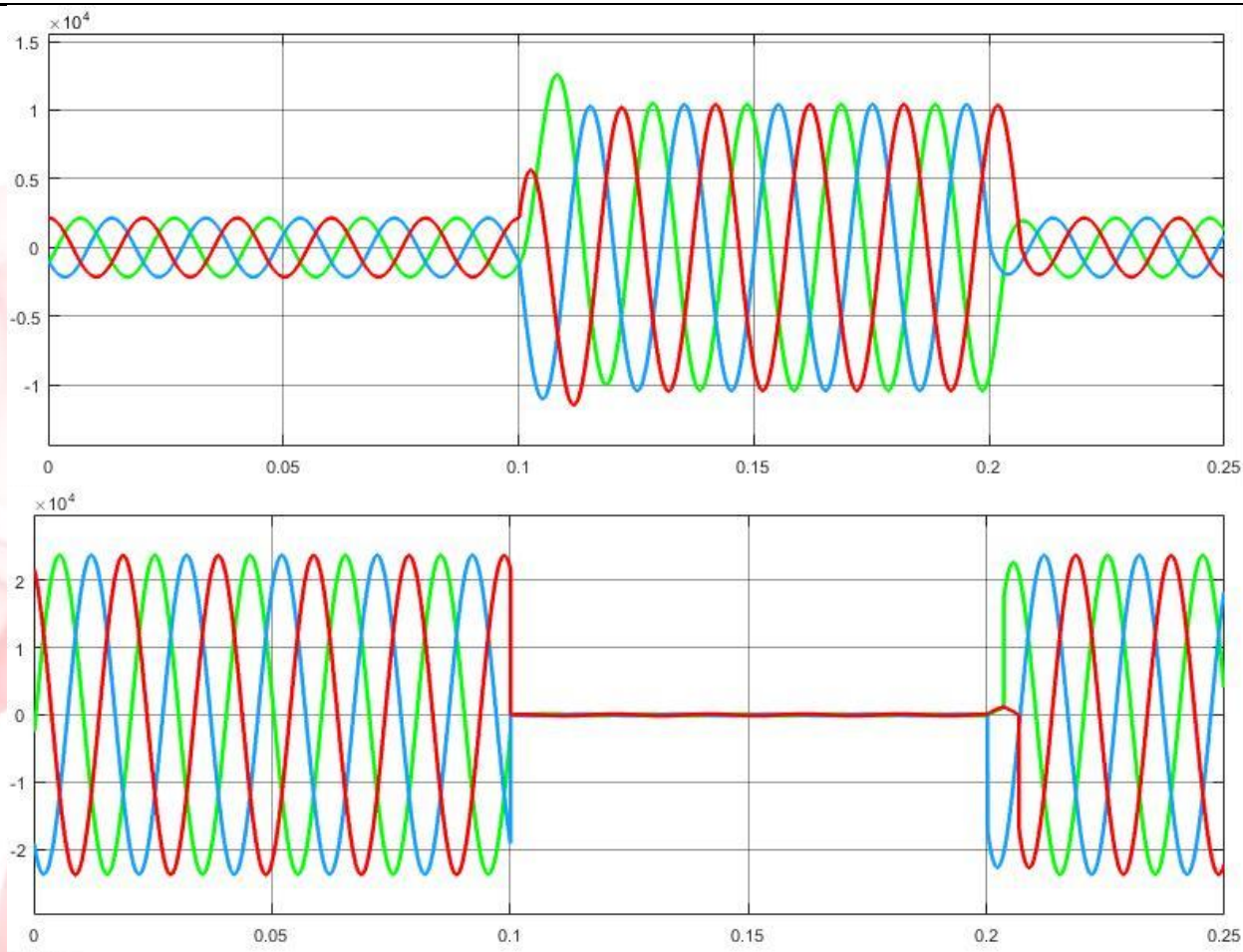
4-расмда энергетика тизимда шикастланиш бўлмаганда, яъни нормал ҳолатда ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши келтирилган. Бундай ҳолда, реле узгични ўчириш учун сигнал

бермайди, бунда энергетика тизими нормал иш ҳолатида ишлайди. шунинг учун сигнал нормал ҳолатда эди. Ток ва кучланишни ўзгариш диаграммасидан кўришиб турибдики, нормал ҳолатда фаза токининг қиймати 2,1 кА, фаза кучланишини қиймати 27,3 кВ ташкил этади.

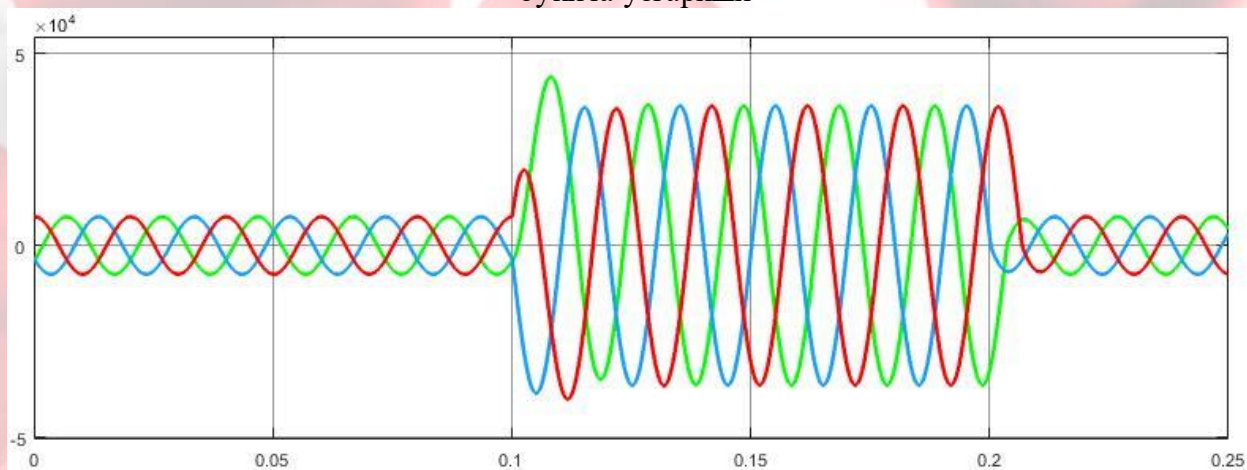


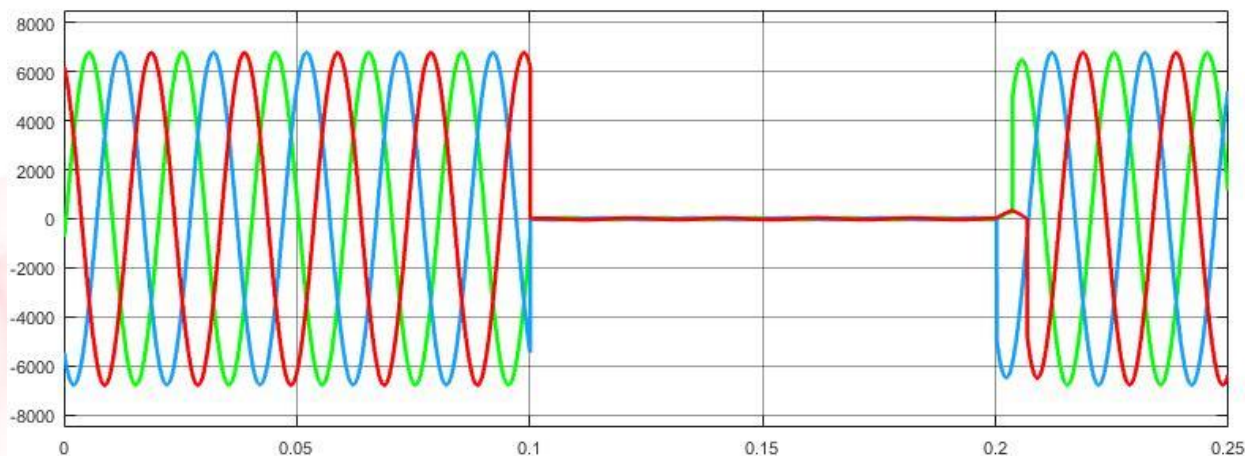
4-расм. Нормал ҳолатда ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариш

5- ва 6-расмларда ташқи шикастланиш вазудга келганда трансформатор юқори ва паст кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши келтирилган. Ташқи қисқа туташув 0,1 с да бошланиб 0,2 с тугайди. Яъни қисқа туташув вақти 0,1 с ни ташкил этади. Ушбу ҳолатда дифференциал ҳимоя узгични ўчирмайди, чунки дифференциал релега келадиган сигнал қийматлари ўзаро тенг. 5-расмдаги ток ва кучланишни ўзгариш диаграммасидан кўришиб турибдики, фаза токининг қиймати 2,1 кА дан 10,4 кА гача ўзгаради, фаза кучланишини қиймати эса 27,3 кВ дан 0 кВ ўзгаради. 5-расмдаги ток ва кучланишни ўзгариш диаграммасидан кўришиб турибдики, фаза токининг қиймати 7,4 кА дан 36,4 кА гача ўзгаради, фаза кучланишини қиймати эса 6,8 кВ дан 0 кВ ўзгаради.



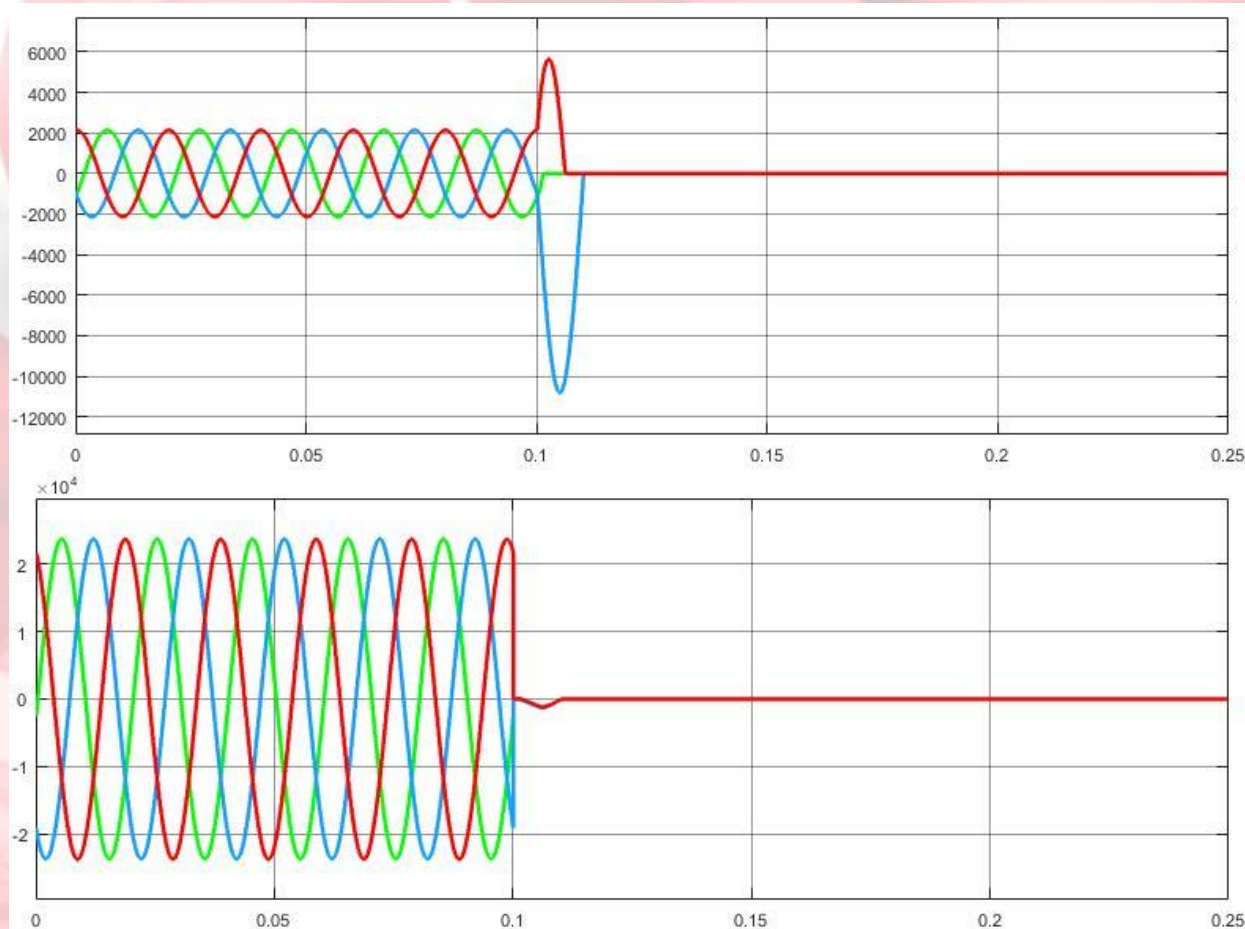
5-расм. Ташки шикастланишда трансформатор юқори кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши



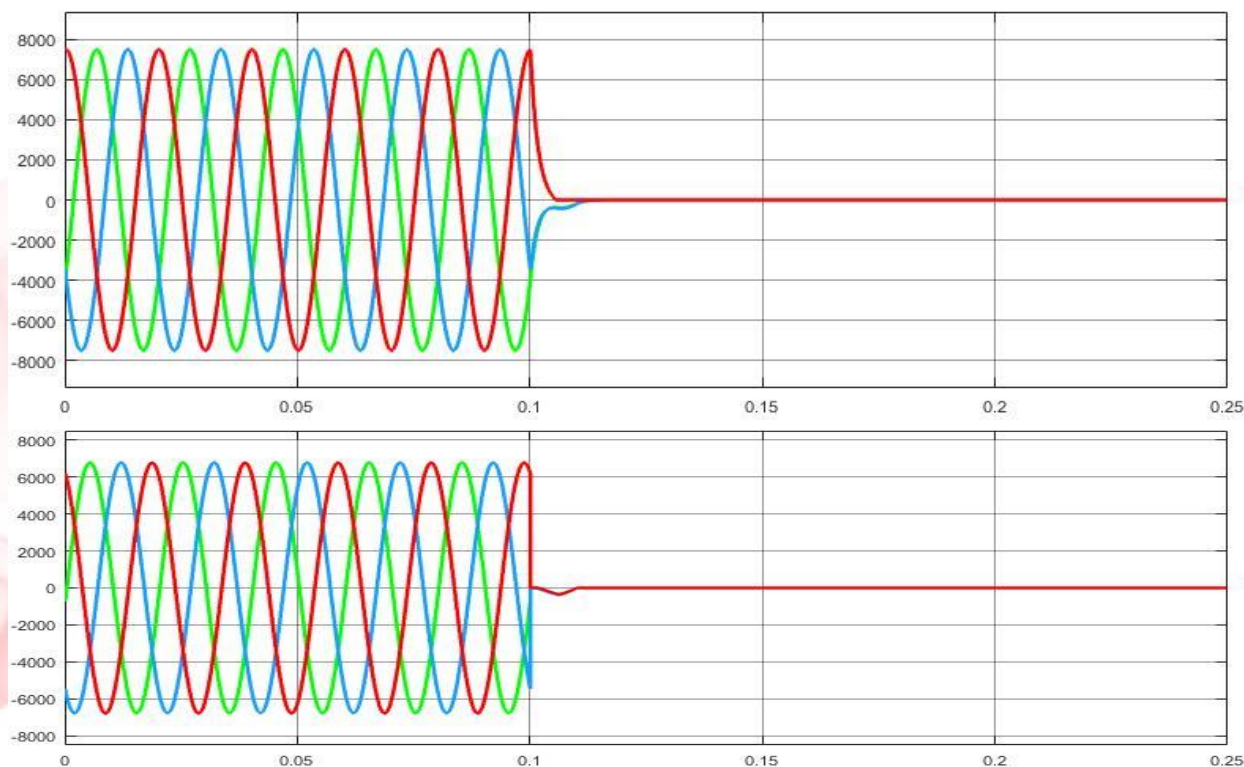


6-расм. Ташқи шикастланишда трансформатор паст кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши

7- ва 8-расмларда ички шикастланиш вазудга келганда трансформатор юқори ва паст кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши келтирилган. Ички қисқа туташув 0,1 с да бошланиб 0,2 с тугайди. Яъни қисқа туташув вақти 0,1 с ни ташкил этади. Ушбу ҳолатда дифференциал ҳимоя узгични ўчиради, чунки дифференциал релега келадиган сигнал қийматлари ўзаро тенг эмас. Ички шикастланиш бўлганда трансформатор дифференциал ҳимояси трансформаторни шикастланмаган тармоқдан ажратиб қўяди.



7-расм. Ички шикастланишда трансформатор юқори кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши



8-расм. Ички шикастланишда трансформатор паст кучланиш томонида ток ва кучланишни вақт бўйича ўзгариши

Хулоса қилиб айтганда, MatLab-Simulink дастурий муҳитида дифференциал ҳимояни моделлаштириш муваффақиятли амалга оширилди ва олинган натижалар тизимдаги барча шикастланишларлар учун кўриб ўтилди. Бунда асосий эътибор куч трансформаторини ички ва ташқи шикастланишлар пайдо бўлганда дифференциал ҳимояни иш ҳолатини тадқиқ қилишдан иборат. Имитацион моделда олинган натижалар тажриба - синов йўли билан олинган қийматларга мос келади. Имитацион модел ёрдами билан тизимнинг турли хил параметр ва шароитларида релени характеристикалари тадқиқ қилинди. Олинган натижаларни таҳлили шуни кўрсатдики, тақлиф қилинган дифференциал релели ҳимоя модели тўғри ишлаб чиқилган ва ўзига юклатилган вазифани тўла бажаради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Чернобровов Н.В., Семенов В.А., Релейная защита энергетических систем. Учеб. пособие для техникумов. М. Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учебник для вузов. 5-е изд. М.: Высш шк., 2007-639 с
3. Gurevich W. Electric relays. Principles and applications. Haifa, Israil, 2006.
4. Stanley H. Horowitz. Arun G. Phadke. Power system relaying. - 3rd edition. England, 2008.
5. Ершов А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 4: Защита электрических сетей и электроустановок напряжением 6–10–110–220 кВ: учебное пособие Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 152 с.
6. И.В.Новаш. Моделирование энергосистем и испытание устройств релейной защиты в режиме реального и модельного времени. Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Т. 60, № 3 (2017), с. 198–210
7. N.S.Azizan, C.L.Wooi, B.Ismail, S.N.M.Arshad, M.Isa, W.A.Mustafa and M.N.K.Rohani. Simulation of differential relay for transformer protection. 1st International Symposium on Engineering and Technology (ISETech) 2019. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 767(1):012004 DOI: 10.1088/1757-899X/767/1/012004