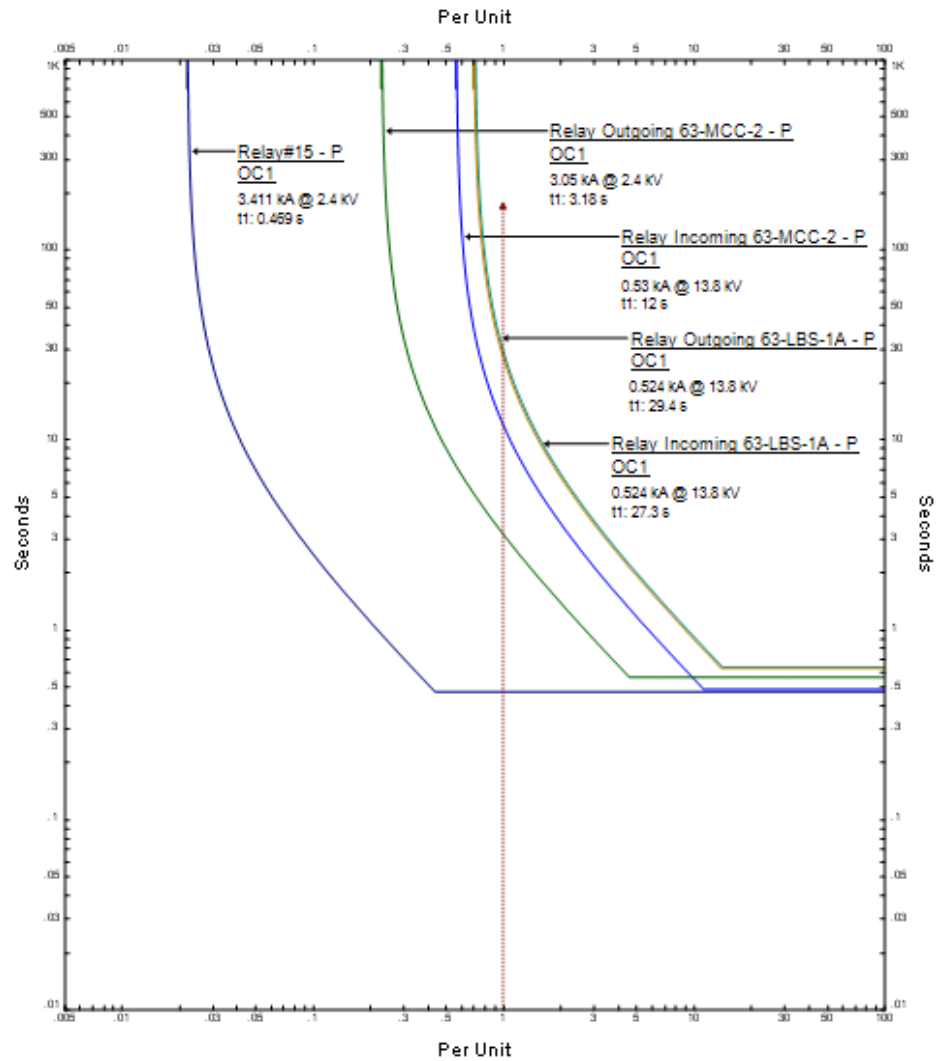


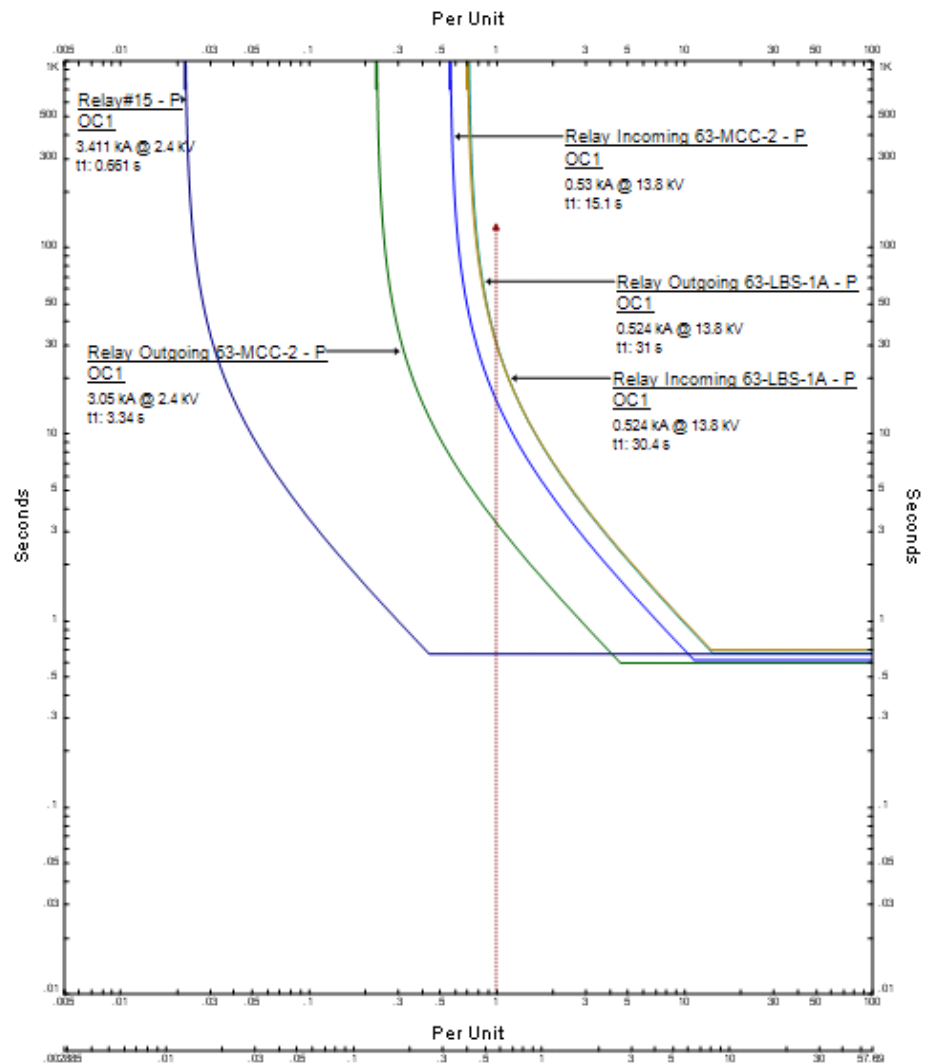
4.2. Simulasi

4.2.1. *Fault Spot 1 (Bus Motor B-BF4101)*



Gambar 4.2. TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* motor B-BF4101 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

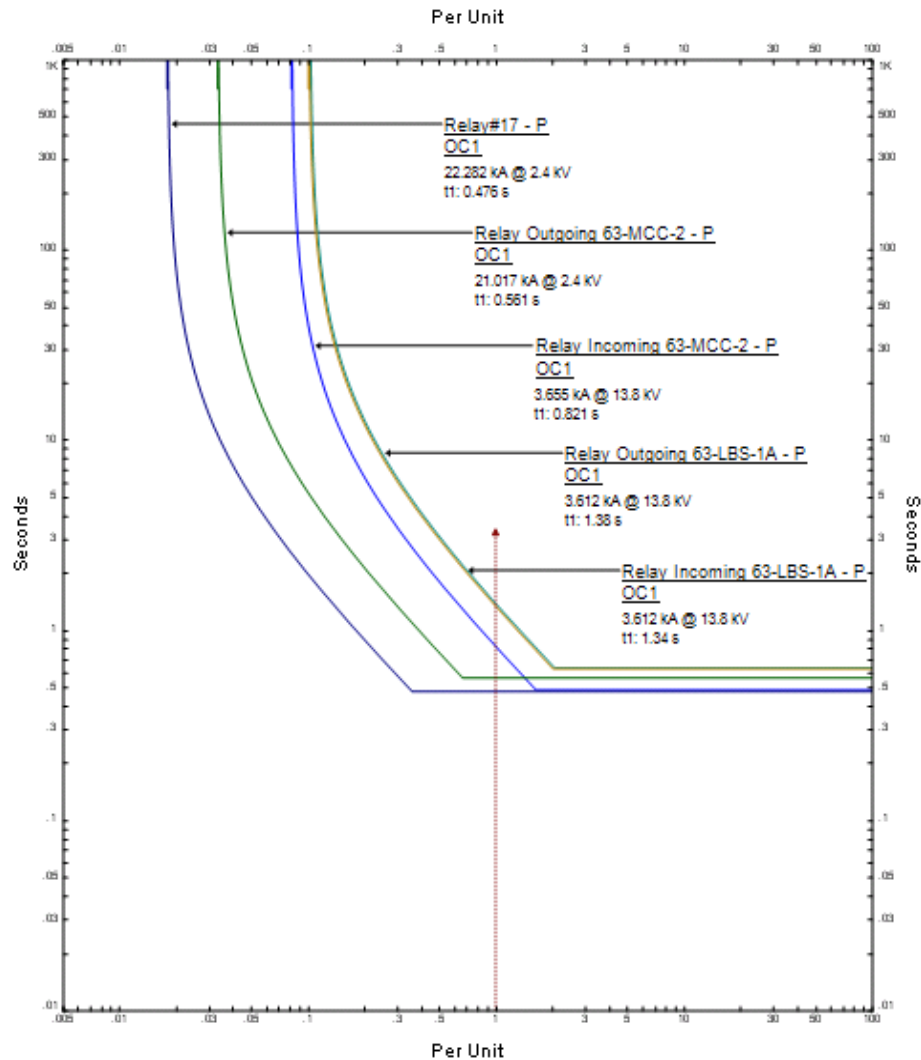
Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan tiga fasa di bus motor B-BF4101, TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* terpotong secara berurutan. Dimulai dari relay 15 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A.



Gambar 4.3. TCC POCR konvensional motor B-BF4101 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

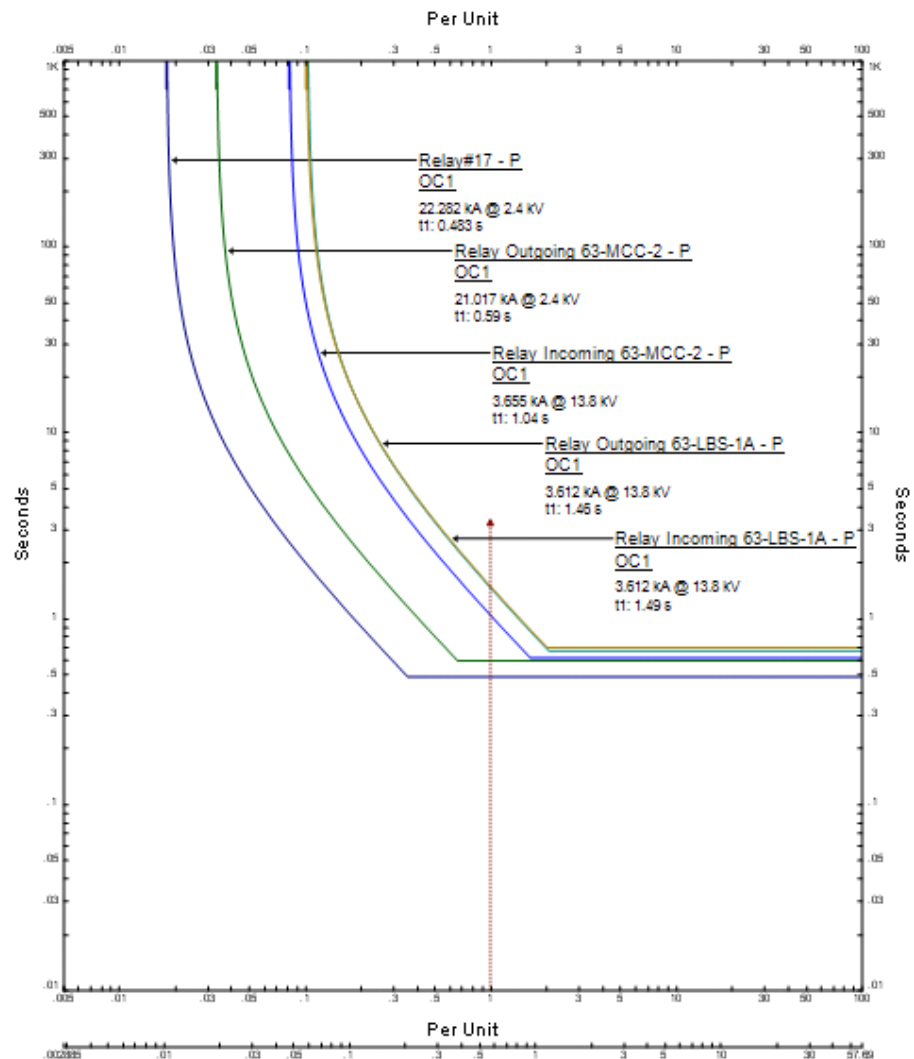
Pada gambar 4.3 terlihat bahwa TCC POCR konvensional mampu merespon arus gangguan tiga fasa secara berurutan hanya sampai pada relay bus incoming 63-MCC-2.

4.2.2. Fault Spot 2 (Bus Motor C-GA2001)



Gambar 4.4. TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* motor C-GA2001 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

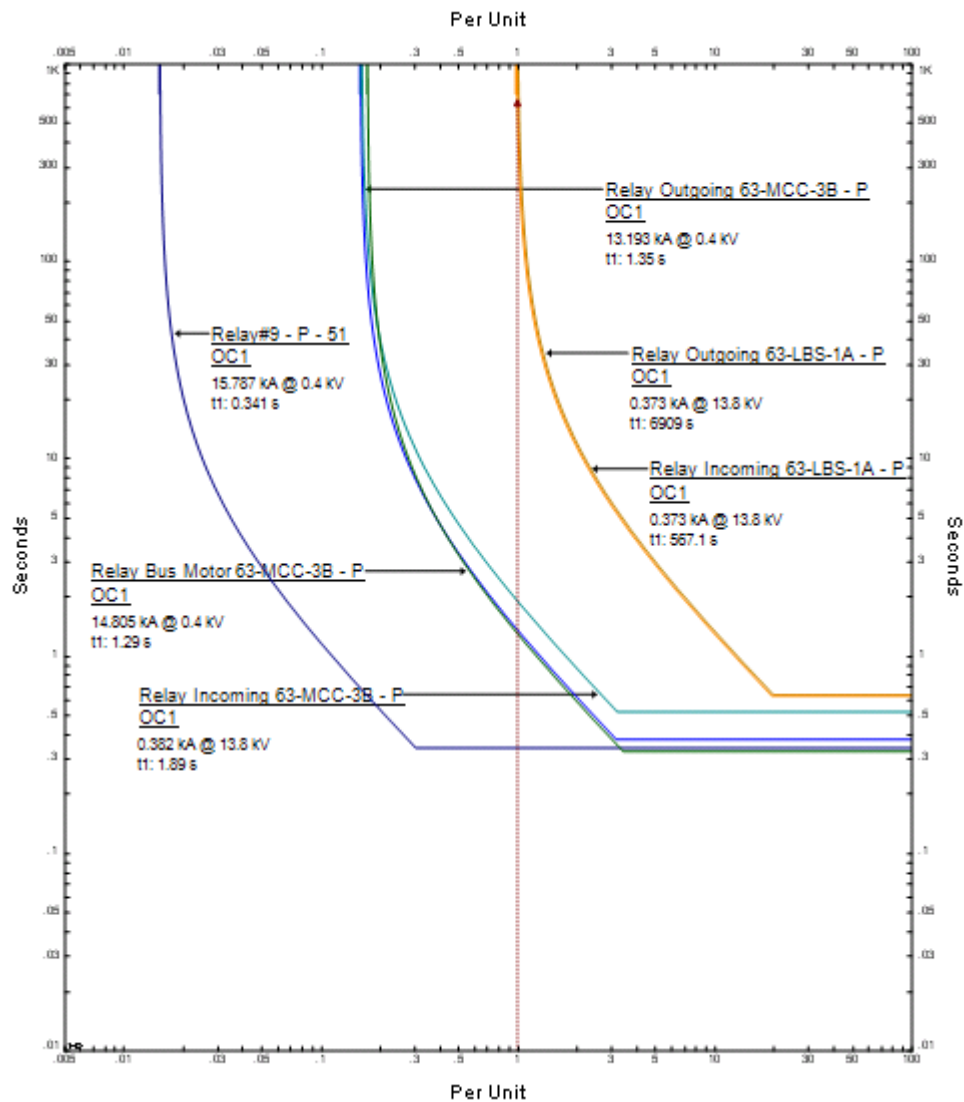
Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan tiga fasa di bus motor C-GA2001, TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* terpotong secara berurutan. Dimulai dari relay 17 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A.



Gambar 4.5. TCC POCR konvensional motor B-BF4101 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

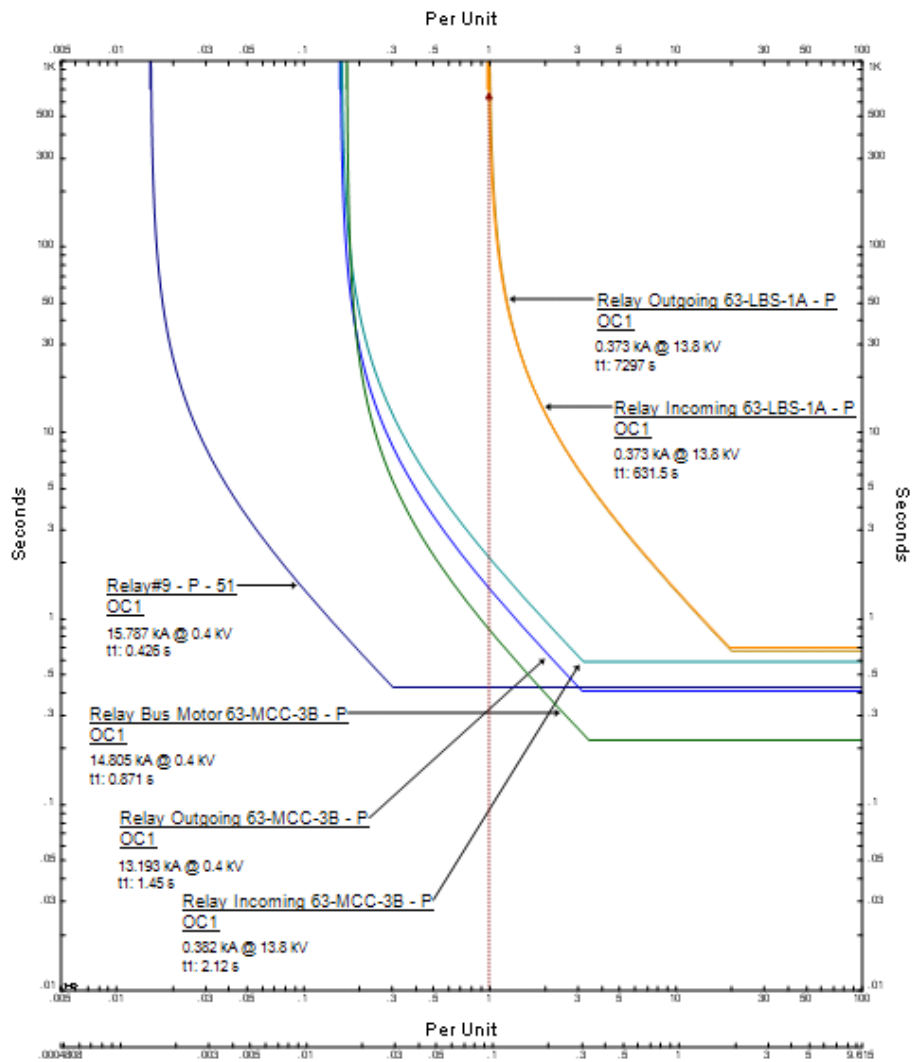
Pada gambar 4.5 terlihat bahwa TCC POCR konvensional mampu merespon arus gangguan tiga fasa secara berurutan. Dimulai dari relay 17 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A.

4.2.3. Fault Spot 3 (Bus Motor W-GA1005AM)



Gambar 4.6. TCC POCR berbasis *fuzzy logic* motor W-GA1005AM hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

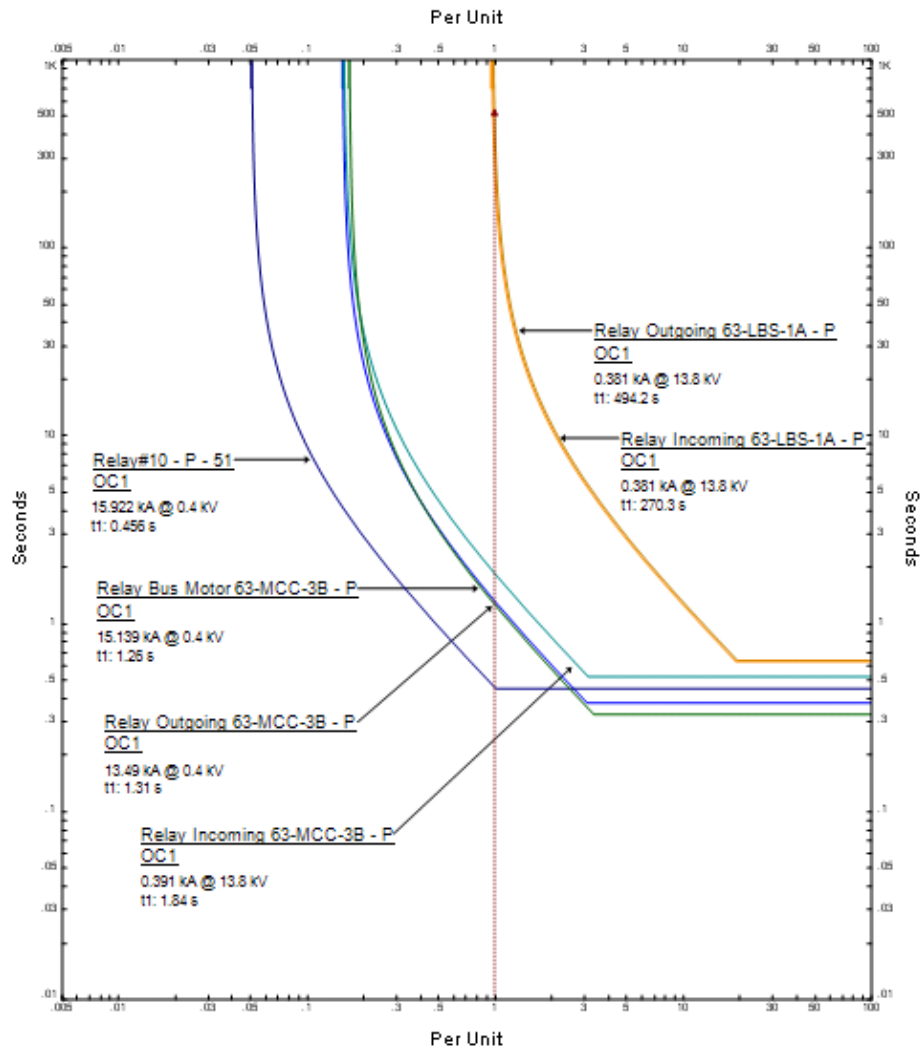
Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan tiga fasa di bus motor W-GA1005AM, TCC POCR berbasis *fuzzy logic* terpotong secara berurutan. Dimulai dari relay 9 hingga relay bus incoming 63-LBS-1A.



Gambar 4.7. TCC POCR konvensional motor W-GA1005AM hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

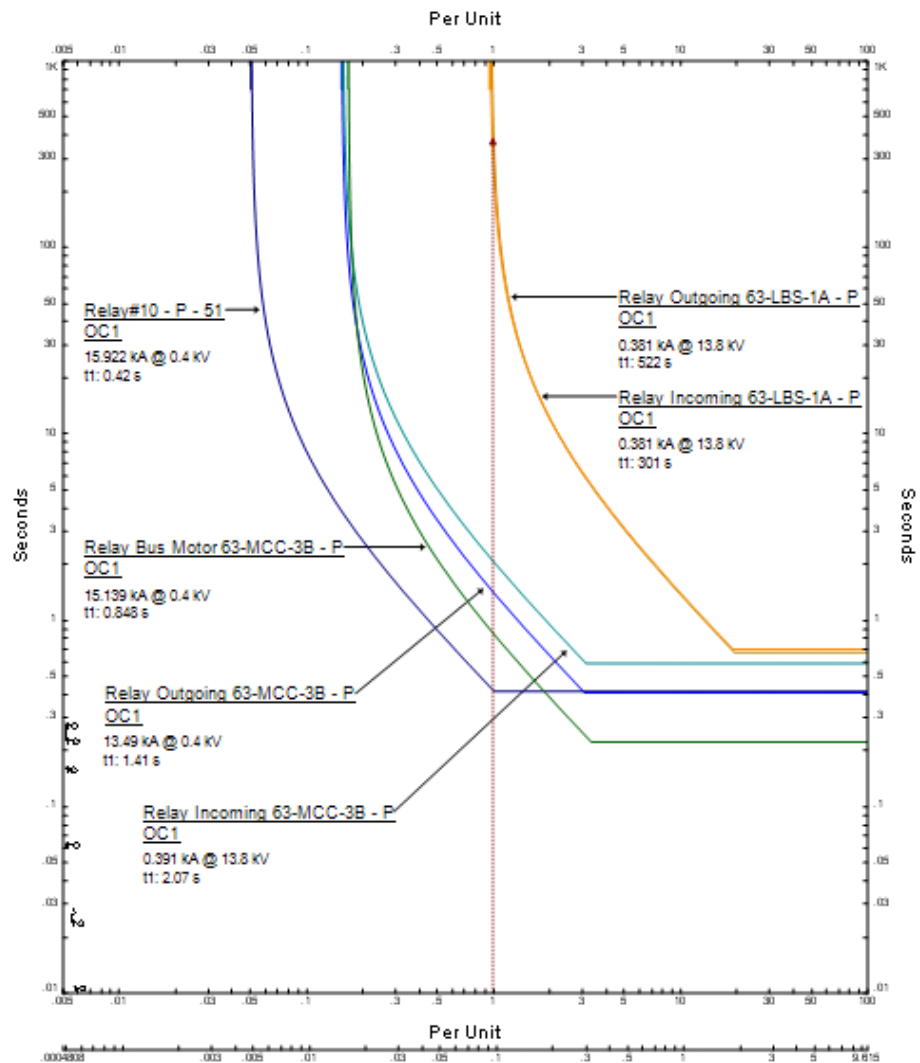
Pada gambar 4.9 terlihat bahwa TCC POCR konvensional mampu merespon arus gangguan tiga fasa secara berurutan hanya sampai relay bus incoming 63-MCC-3B.

4.2.4. Fault Spot 4 (Bus Motor I-GB5001M)



Gambar 4.8. TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* motor Bus Motor I-GB5001M hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

Dari gambar 4.10. dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan tiga fasa di bus Bus Motor I-GB5001M, TCC POOCR berbasis *fuzzy logic* terpotong secara berurutan. Dimulai dari relay 10 hingga relay incoming bus 63-LBS-1A.



Gambar 4.9. TCC POCR konvensional motor I-GB5001M hingga relay incoming bus 63-LBS-1A

Sedangkan pada gambar 4.11 terlihat bahwa TCC POCR konvensional mampu merespon arus gangguan tiga fasa secara berurutan hanya sampai relay bus incoming 63-MCC-3B.

4.3. Analisa *Time-Current Curve* (TCC)

4.3.1. *Fault Spot 1 (Bus Motor B-BF4101)*

Pada kasus *fault spot* ini dapat dilihat bahwa TCC POCR berbasis *fuzzy logic* mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan dengan baik sesuai variabel linguistik yang telah ditentukan. Relay motor B-F4101 beroperasi CEPAT (0,469 s), relay bus outgoing 63-MCC-2 beroperasi SEDANG (3,18 s), relay bus incoming 63-MCC-2 beroperasi LAMBAT (12 s), relay bus outgoing 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (29,4 s), relay bus incoming 63-LBS-1A SANGAT LAMBAT (27,3 s).

Sedangkan pada TCC POCR konvensional, relay juga mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan. Relay motor B-F4101 (0,661 s), relay bus outgoing 63-MCC-3 (3,34 s), relay bus incoming 63-MCC-2 (15,1 s), relay bus outgoing 63-LBS-1A (31 s), relay bus incoming 63-LBS-1A (30,4 s).

Dari hasil simulasi terdapat perbedaan kecepatan waktu operasi relay dan perbedaan kecepatan waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay*. Sepeerti terlihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Selisih waktu operasi antara relay pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 1*

Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
Relay motor B-F4101	0,469	0,661	0,192
Relay bus outgoing 63-MCC-2	3,18	3,34	0,16
Relay bus incoming 63-MCC-2	12	15,1	3,1
Relay bus outgoing 63-LBS-1A	29,4	31	1,6
Relay bus incoming 63-LBS-1A	27,3	30,4	3,1

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa waktu operasi TCC POCR berbasis *fuzzy logic* secara keseluruhan lebih cepat dibandingkan waktu operasi TCC POCR konvensional.

Tabel 4.2. Selisih waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 1*

Titik Koordinasi <i>main relay</i> dan <i>back up relay</i>	Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
1	Relay motor B-F4101 - Relay bus outgoing 63-MCC-2	2,7	2,7	0
2	Relay bus outgoing 63-MCC-2 - Relay bus incoming 63-MCC-2	8,82	11,76	2,94
3	Relay bus incoming 63-MCC-2 - Relay bus incoming 63-LBS-1A	15,3	15,3	0
4	Relay bus incoming 63-LBS-1A - Relay bus outgoing 63-LBS-1A	2,1	0,6	1,5

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada titik koordinasi ke 1 dan 3, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* tidak ada perbedaan dengan waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional.

Sedangkan pada titik koordinasi ke 2, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 2,94 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional.

Namun pada titik koordinasi ke 3, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih lambat 1,5 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional.

4.3.2. Fault Spot 2 (Bus Motor C-GA2001)

Pada kasus *fault spot* ini dapat dilihat bahwa TCC POCR berbasis *fuzzy logic* mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan dengan baik sesuai variabel linguistik yang telah ditentukan. Relay motor C-GA2001 beroperasi CEPAT (0,476 s), relay bus outgoing 63-MCC-2 beroperasi SEDANG (0,561 s), relay bus incoming 63-MCC-2 beroperasi LAMBAT (0,821 s), relay bus outgoing 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (1,38 s) , relay bus incoming 63-LBS-1A SANGAT LAMBAT (1,34 s).

Sedangkan pada TCC POCR konvensional, relay juga mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan. Relay motor C-GA2001 (0,483 s), relay bus outgoing 63-MCC-3 (0,59 s), relay bus incoming 63-MCC-2 (1,04 s), relay bus outgoing 63-LBS-1A (1,45 s) , relay bus incoming 63-LBS-1A (1,49 s).

Dari hasil simulasi terdapat perbedaan kecepatan waktu operasi relay dan perbedaan kecepatan waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay*. Sepeerti terlihat pada tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3. Selisih waktu operasi antara relay pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 2*

Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
Relay motor C-GA2001	0,476	0,483	0,007
Relay bus outgoing 63-MCC-2	0,561	0,59	0,029
Relay bus incoming 63-MCC-2	0,821	1,04	0,219
Relay bus outgoing 63-LBS-1A	1,38	1,45	0,07
Relay bus incoming 63-LBS-1A	1,34	1,49	0,15

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa waktu operasi TCC POCR berbasis *fuzzy logic* secara keseluruhan lebih cepat dibandingkan waktu operasi TCC POCR konvensional.

Tabel 4.2. Selisih waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 2*

Titik Koordinasi <i>main relay</i> dan <i>back up relay</i>	Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
1	Relay motor C-GA2001 - Relay bus outgoing 63-MCC-2	0,085	0,107	0,022
2	Relay bus outgoing 63-MCC-2 - Relay bus incoming 63-MCC-2	0,26	0,45	0,19
3	Relay bus incoming 63-MCC-2 - Relay bus incoming 63-LBS-1A	0,519	0,41	0,109
4	Relay bus incoming 63-LBS-1A - Relay bus outgoing 63-LBS-1A	0,04	0,04	0

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada titik koordinasi ke 1 waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,022 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional. Begitu juga pada titik koordinasi ke 2, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,19 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional.

Waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional, pada titik ke 3 dan ke 4 lebih cepat 0,109 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic*.

4.3.3. Fault Spot 3 (Bus Motor W-GA1005AM)

Pada *fault spot* ini dapat dilihat bahwa TCC POCR berbasis *fuzzy logic* mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan dengan baik sesuai variabel linguistik yang telah ditentukan. Relay motor W-GA1005AM beroperasi CEPAT (0,341 s), relay bus motor 63-MCC-3B beroperasi SEDANG (1,29 s), relay bus outgoing 63-MCC-3B beroperasi SEDANG (1,35 s), relay bus incoming 63-MCC-3B beroperasi LAMBAT (1,89 s) , relay bus outgoing 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (690,9 s). relay bus incoming 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (567,1s).

Sedangkan pada TCC POCR konvensional, relay juga mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara

berurutan Relay motor W-GA1005AM (0,426 s), relay bus motor 63-MCC-3B (0,871 s), relay bus outgoing 63-MCC-3B (1,45 s), relay bus incoming 63-MCC-3B (2,12 s) , relay bus outgoing 63-LBS-1A (729,7 s). relay bus incoming 63-LBS-1A (631,5 s).

Dari hasil simulasi terdapat perbedaan kecepatan waktu operasi relay dan perbedaan kecepatan waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay*. Sepeerti terlihat pada tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.5. Selisih waktu operasi antara relay pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 3*

Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
Relay motor W-GA1005AM	0,341	0,426	0,085
Relay bus motor 63-MCC-3B	1,29	0,871	0,419
Relay bus outgoing 63-MCC-3B	1,35	1,45	0,1
Relay bus incoming 63-MCC-3B	1,89	2,12	0,23
Relay bus outgoing 63-LBS-1A	690,9	729,7	38,8
Relay bus incoming 63-LBS-1A	567,1	631,5	64,4

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa waktu operasi TCC POCR berbasis *fuzzy logic* pada relay bus motor 63-MCC-3B lebih lambat 0,419 sekon dibandingkan waktu operasi relay pada TCC POCR konvensional.

Tabel 4.6. Selisih waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 3*

Titik Koordinasi <i>main relay</i> dan <i>back up relay</i>	Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
1	Relay motor W-GA1005AM - Relay bus motor 63-MCC-3B	0,949	0,107	0,842
2	Relay bus motor 63-MCC-3B - Relay bus outgoing 63-MCC-3B	0,06	0,45	0,39
3	Relay bus outgoing 63-MCC-3B - Relay bus incoming 63-MCC-3B	0,54	0,41	0,13
4	Relay bus incoming 63-MCC-3B - Relay bus incoming 63-LBS-1A	565,21	629,38	64,17
5	Relay bus incoming 63-LBS-1A - Relay bus outgoing 63-LBS-1A	123,8	98,2	25,6

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada titik koordinasi ke 1 waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis

fuzzy logic lebih lambat 0,842 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional.

Pada titik koordinasi ke 2, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,39 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional. Tetapi disini waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* sangat singkat, sebesar 0,06 sekon. Selisih waktu operasi relay sebesar 0,06 sekon dikhawatirkan dapat mengganggu selektifitas relay tersebut dan mengakibatkan zona yang sehat (*healthy zone*) ikut padam.

Pada titik koordinasi ke 3, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,13 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional.

Pada titik koordinasi ke 4 dan ke 5, arus gangguan hubung singkat tiga fasa sudah melewati transformator 63-TR-3B, oleh karena itu arus gangguannya menjadi kecil. Sehingga *main relay* dan *backup relay* lebih membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memutuskan zona yang terganggu (*faulty zone*). Pada titik koordinasi ke 4 TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 64,17 sekon dari TCC POCR konvensional. Sedangkan pada titik koordinasi ke 5 TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih lambat 25,6 sekon dari TCC POCR konvensional.

4.3.4. *Fault Spot 4 (Bus Motor I-GB5001M)*

Pada *fault spot* ini dapat dilihat bahwa TCC POCR berbasis *fuzzy logic* mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan dengan baik sesuai variabel linguistik yang telah ditentukan. Relay motor I-GB5001M beroperasi CEPAT (0,456 s), relay bus motor 63-MCC-3B beroperasi SEDANG (1,26 s), relay bus outgoing 63-MCC-3B beroperasi SEDANG (1,31 s), relay bus incoming 63-MCC-3B beroperasi LAMBAT (1,84 s) , relay bus outgoing 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (494,2 s). relay bus incoming 63-LBS-1A beroperasi SANGAT LAMBAT (270,3 s).

Sedangkan pada TCC POCR konvensional, relay juga mampu merespon arus gangguan tiga fasa yang mengalir pada sistem secara berurutan Relay motor I-GB5001M (0,42 s), relay bus motor 63-MCC-3B (0,848 s), relay bus outgoing 63-MCC-3B (1,41 s), relay bus incoming 63-MCC-3B (2,07 s) , relay bus outgoing 63-LBS-1A (522 s). relay bus incoming 63-LBS-1A (301 s).

Dari hasil simulasi terdapat perbedaan kecepatan waktu operasi relay dan perbedaan kecepatan waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay*. Sepeerti terlihat pada tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7. Selisih waktu operasi antara relay pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 4*

Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
Relay motor I-GB5001M	0,456	0,42	0,036
Relay bus motor 63-MCC-3B	1,26	0,848	0,412
Relay bus outgoing 63-MCC-3B	1,31	1,41	1
Relay bus incoming 63-MCC-3B	1,84	2,07	0,23
Relay bus outgoing 63-LBS-1A	494,2	522	27,8
Relay bus incoming 63-LBS-1A	270,3	301	30,7

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa waktu operasi TCC POCR berbasis *fuzzy logic* pada relay motor I-GB5001M lebih lambat 0,036 sekon. Begitu juga dengan relay bus motor 63-MCC-3B lebih lambat 0,412 sekon dibandingkan waktu operasi relay pada TCC POCR konvensional. Juga terlihat bahwa terjadi miskordinasi relay, dimana

relay bus incoming 63-LBS-1A beroperasi lebih cepat daripada relay bus outgoing 63-LBS-1A. Miskoordinasi relay ini terjadi pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional.

Tabel 4.8. Selisih waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR berbasis *fuzzy logic* dan TCC POCR konvensional pada *fault spot 4*

Titik Koordinasi <i>main relay</i> dan <i>back up relay</i>	Id Relay	td pada TCC POCR fuzzy Logic (s)	td pada TCC POCR konvensional (s)	Selisih td (s)
1	Relay motor I-GB5001M - Relay bus motor 63-MCC-3B	0,804	0,428	0,376
2	Relay bus motor 63-MCC-3B - Relay bus outgoing 63-MCC-3B	0,05	0,562	0,512
3	Relay bus outgoing 63-MCC-3B - Relay bus incoming 63-MCC-3B	0,53	0,66	0,13
4	Relay bus incoming 63-MCC-3B - Relay bus incoming 63-LBS-1A	268,46	298,93	30,47
5	Relay bus incoming 63-LBS-1A - Relay bus outgoing 63-LBS-1A	223,9	221	2,9

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada titik koordinasi ke 1 waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih lambat 0,376 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional.

Pada titik koordinasi ke 2, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,512 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* pada TCC POCR konvensional. Tetapi disini waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* sangat singkat, sebesar 0,05 sekon. Selisih waktu operasi relay sebesar 0,05 sekon dikhawatirkan dapat mengganggu selektifitas relay tersebut dan mengakibatkan zona yang sehat (*healthy zone*) ikut padam.

Pada titik koordinasi ke 3, waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 0,13 sekon dari waktu operasi antara *main relay* dan *backup relay* TCC POCR konvensional.

Pada titik koordinasi ke 4 dan ke 5, arus gangguan hubung singkat tiga fasa sudah melewati transformator 63-TR-3B, oleh karena itu arus gangguannya menjadi kecil. Sehingga *main relay* dan *backup relay* lebih membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memutuskan zona yang terganggu (*faulty zone*). Pada titik koordinasi ke 4 TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 30,47 sekon dari TCC POCR konvensional.

Sedangkan pada titik koordinasi ke 5 TCC POCR berbasis *fuzzy logic* lebih cepat 30,47 sekon dari TCC POCR konvensional.