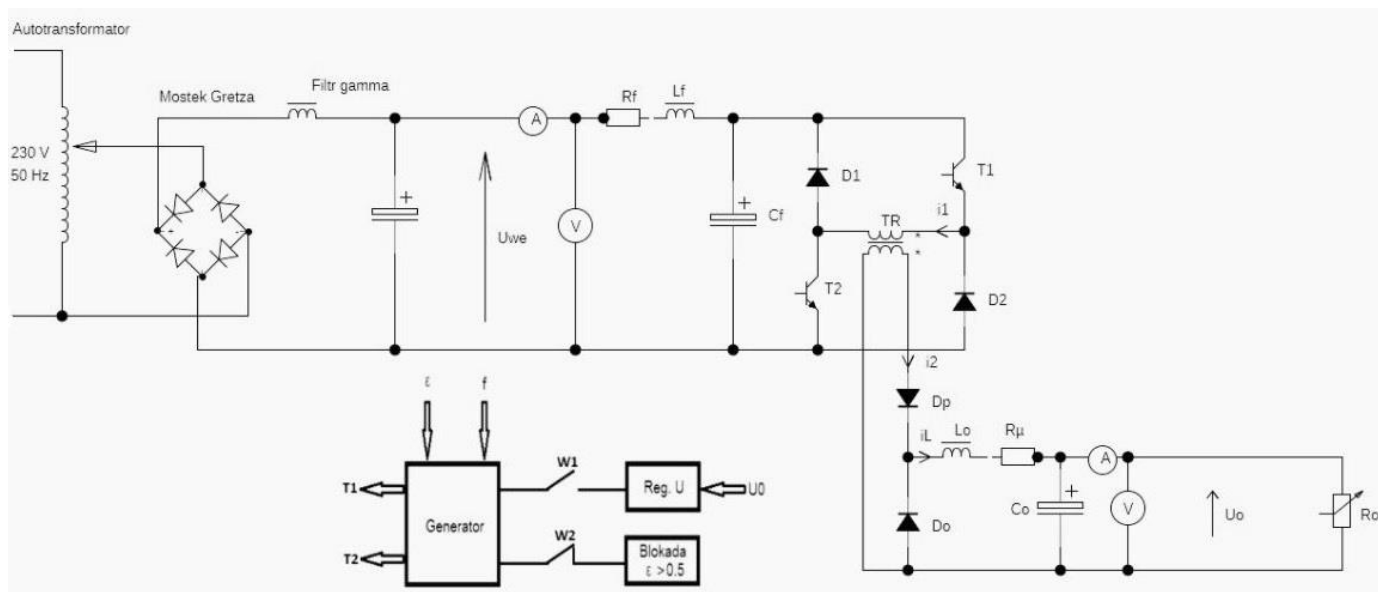
 Wydział: EAIIB	Imię i nazwisko: Jakub Cios		Rok: III
			Blok: B
			Grupa: 1
Data wykonania: 31.10.23	LABORATORIUM ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ Ćw. 1: Awaryjne stany pracy przetwornicy DC-DC		
Zaliczenie:	Podpis prowadzącego:	Uwagi:	

Układ pomiarowy

W ramach tego ćwiczenia badaliśmy stany awaryjne przetwornicy opartej na dwutranzystorowym układzie, która została zaprojektowana z myślą o zastosowaniach w kopalnianych systemach elektrycznych.



- $U_{we}=250V$ - Znamionowe napięcie zasilania
- $U_0=13,8V$ - Napięcie wyjściowe (zalecana wartość napięcia ładowania akumulatora kwasowego 12 V)
- $P_{0max}=150W$ - Maksymalne zapotrzebowanie na moc obwodów pomocniczych lokomotywy

Zestawienie parametrów przetwornicy

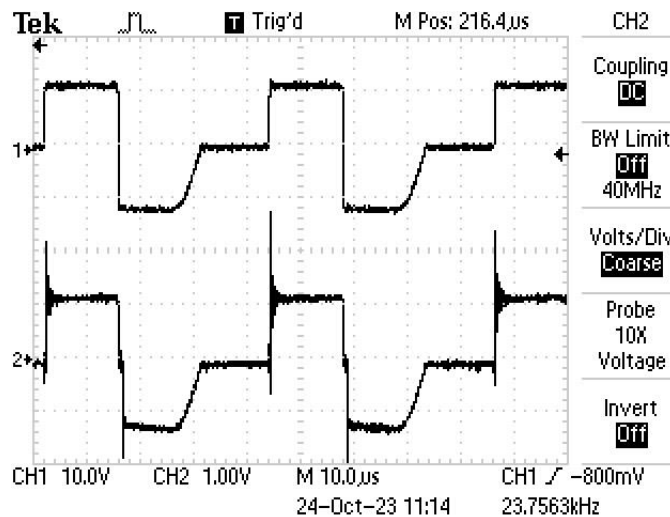
Dane elementów obwodu głównego przetwornicy	
C0	10 mF/63 V
CF	470 μ F/500 V
D0, DP	HFA30PA60C
L0	50 μ H
LF	1,1 mH
RF	4,7 Ω
T1, T2 D1, D2	PM20CSJ060 Mitsubishi
TR	z1 = 82, z2 = 12, rdzeń EDT 49/25/16 Philips

Podstawowe parametry modułu PM20CSJ060		
symbol	parametr	wartość maksymalna
V _{CC}	napięcie zasilania	450 V
V _{CES}	napięcie kolektor – emiter	600 V
I _c	prąd kolektora	20 A
f _{PWM}	częstotliwość PWM	20 kHz
		wartość typowa
V _{CE(sat)}	napięcie nasycenia kolektor – emiter	1,8 V
V _{EC}	napięcie przewodzenia diody	2,5 V
t _{on}	czas załączania	0,6 μ s
t _{off}	czas wyłączenia	1,5 μ s

Podstawowe parametry diod HFA30PA60C		
symbol	parametr	wartość
V _{RWM}	napięcie powtarzalne wsteczne	600 V
V _{F(IF)}	napięcie w stanie przewodzenia	1,7 V
I _F	prąd ciągły	30 A
t _{rr}	czas wyłączenia	60 ns

Zarejestrowane oscylogramy przebiegów

Stan prawidłowej pracy



Grafika 1 Napięcie U_1 oraz U_2

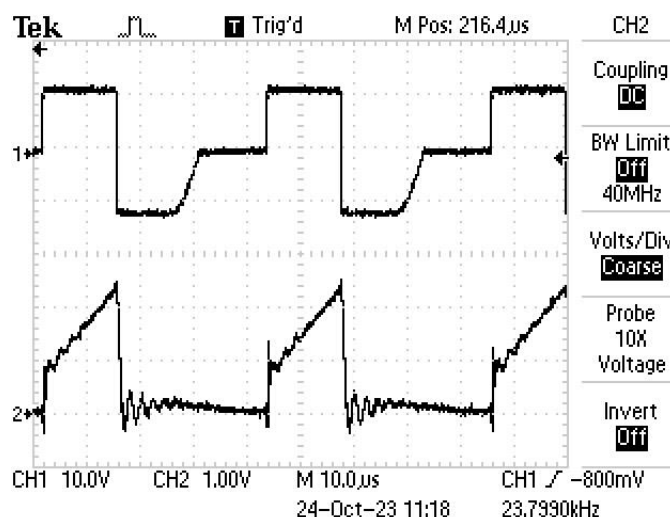
podstawa czasu 10us

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{42\mu s} \approx 23809\text{Hz} - \text{zblizone do wartosci na oscylogramie}$$

$$\varepsilon = \frac{t_1}{T} \approx \frac{14\mu s}{42\mu s} \approx 0,33$$

Na pierwszym kanale obserwujemy napięcie po stronie pierwotnej (U_1) przy zasilaniu 200V. Wzmocnienie tego kanału wynosi 10V zatem możemy odczytać, iż wartość wynosi około 12V (około 20 razy mniej niż napięcie zasilania) podczas załączenia transformatorów oraz około -12V po wyłączeniu transformatorów, dopóki nie uwolni się cała zgromadzona w cewkach energia elektromagnetyczna. Na drugim kanale obserwujemy napięcie po stronie wtórnej, którego przebieg odpowiada napięciu po stronie pierwotnej lecz z mniejszymi wartościami oraz zakłóceniami. Przebiegi wyglądają podobnie ponieważ na drugim kanale wzmocnienie oraz wartość jest odpowiednio mniejsza. Wartość napięcia jest przeskalowana o przekładnię transformatora. Wygląd przebiegów jest podobny ponieważ napięcie po stronie

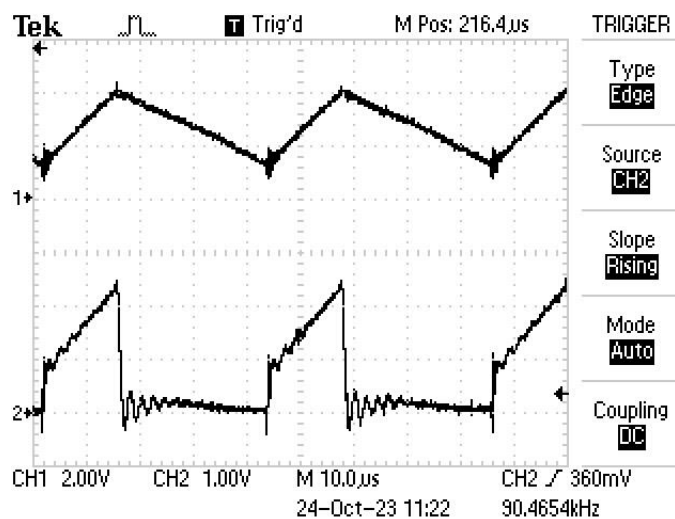
wtórnej jest indukowane przez stronę pierwotną, a następnie po wyłączeniu tranzystorów, zachodzi tak jak po stronie wtórnej oddanie energii przez cewkę.



Grafika 2 Napięcie U_1 oraz prąd I_1

podstawa czasu 10us

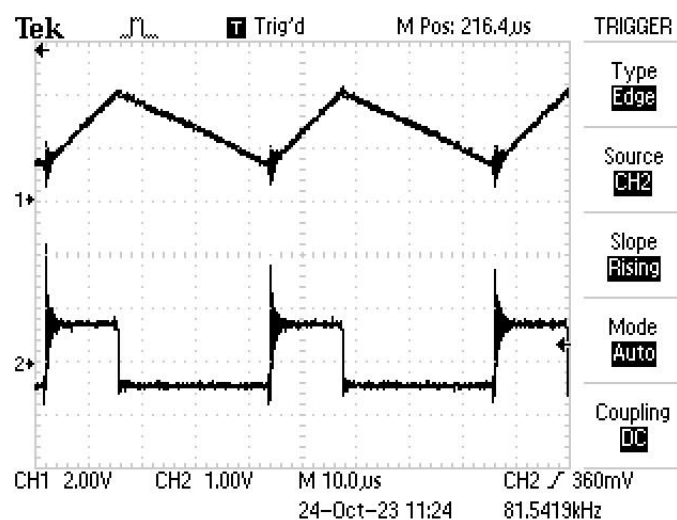
Na drugim oscylogramie na kanale pierwszym nadal obserwowaliśmy napięcie po stronie pierwotnej, natomiast na drugim kanale przeszliśmy do obserwacji prądu na uzwojeniu pierwotnym (i_1). Prąd ten podczas załączenia tranzystorów osiąga większą wartość i rośnie ponieważ jest sumą prądu i_2' , który jest prądem strony wtórnej sprowadzonym na stronę pierwotną z zależności $i_2' z_1 = i_2 z_2$, oraz prąd magnesowania i_u . Po wyłączeniu tranzystorów pozostaje opadający prąd i_u . Drgania spowodowane są stosunkowo dużą częstotliwością.



Grafika 3 Prąd i_{L0} oraz i_1

podstawa czasu 10μs

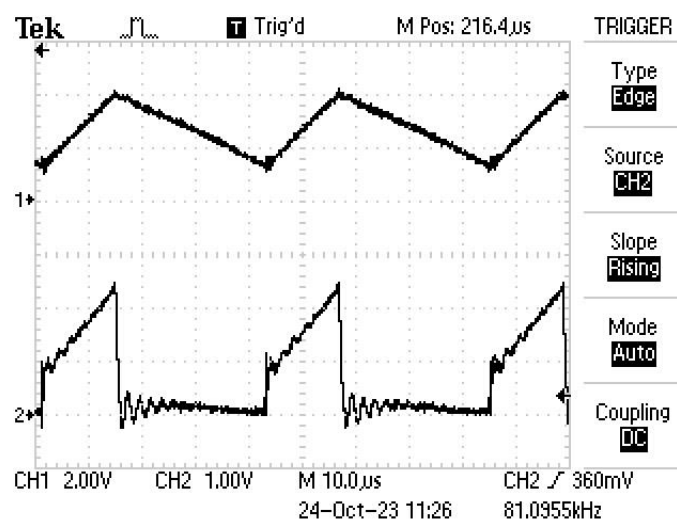
Na trzecim oscylogramie na drugim kanale nadal obserwowaliśmy prąd i_1 , natomiast na kanale pierwszym zmieniliśmy naszą obserwację na prąd i_{L0} , który jest prądem magnesującym cewki filtra przed odbiornikiem. Jak widać jego wartość przy załączeniu tranzystorów również wzrasta, co jest spowodowane występowaniem prądu i_2 , natomiast przy wyłączeniu tranzystorów obserwujemy opadający prąd magnesujący danej cewki. Na danym oscylogramie zmieniła nam się częstotliwość i nie zgadza się nam ona z obliczeniami. Dzieje się tak również na następnych oscylogramach, na których na kanale pierwszym obserwujemy prąd i_{L0} w stanie ciągłości.



Grafika 4 Prąd i_{L0} oraz U_{L0}

podstawa czasu 10us

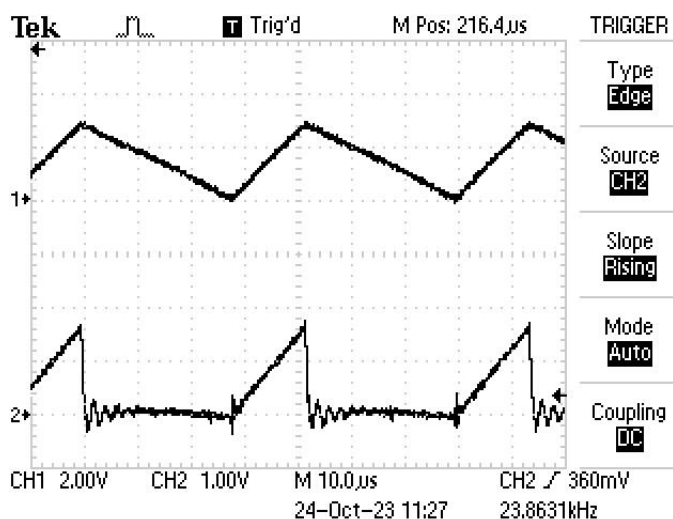
Na czwartym oscylogramie na pierwszym kanale nadal obserwowaliśmy prąd i_{L0} , natomiast na drugim oscylogramie przeszliśmy do obserwacji napięcia U_{L0} , którego przebieg jest pochodną prądu. Wynika to z zależności $U=L \cdot di/dt$.



Grafika 5 Prąd i_{L0} oraz i_1

podstawa czasu 10us

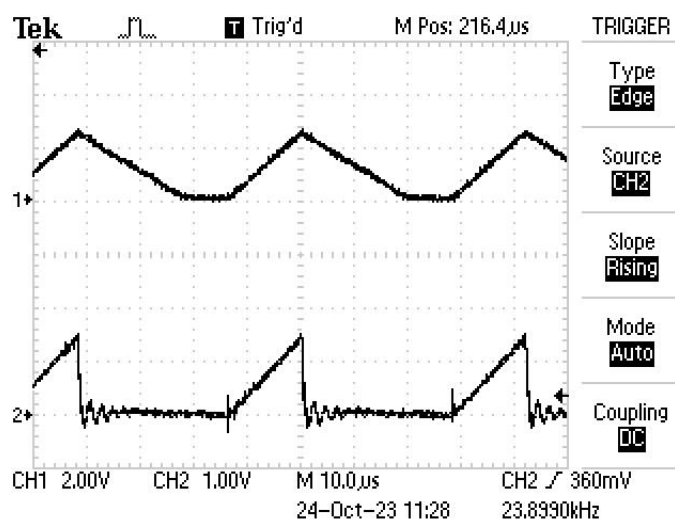
Piąty oscylogram na pierwszym kanale przedstawia nadal prąd i_{LO} , natomiast na drugim kanale wróciliśmy do obserwacji prądu i_1 , aby zaznaczyć, iż nie zaczyna się on od zera, a także aby określić średni prąd odbiornika, który wynosi 6,2 A. Początkowy skok prądu i_1 wynika z mocnej ciągłości prądu i_{LO} .



Grafika 6 Prąd i_{LO} na granicy ciągłości oraz i_1

podstawa czasu 10µs

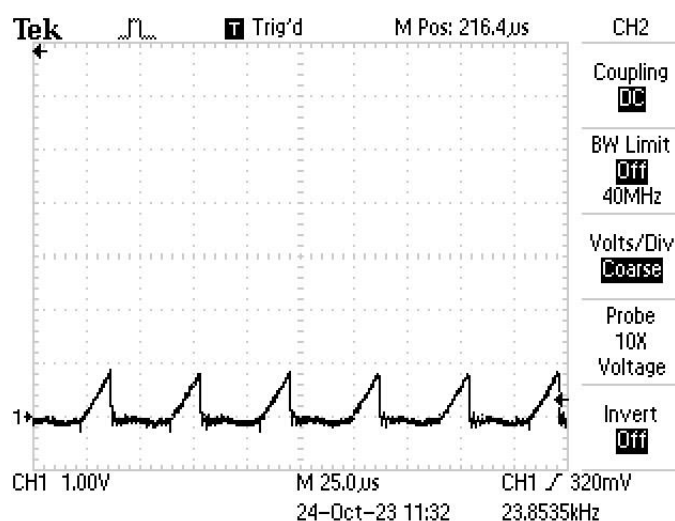
Na szóstym oscylogramie obserwujemy te same prądy jednak prąd i_{LO} jest na granicy ciągłości, a wartość średnia prądu obciążenia wynosi około 3,3A. Zauważalny jest spadek prądu i_1 , który zaczyna się już od zera. Na tym oscylogramie częstotliwość wraca do zgodnej z obliczeniami.



Grafika 7 Prąd i_{L0} nie ciągły oraz i_1

podstawa czasu 10µs

Siódmy oscylogram przedstawia nadal te same prądy jednak w tej sytuacji prąd i_{L0} jest już ciągły, a średni prąd odbiornika w tej sytuacji wynosi 2,4A. W tej sytuacji wartość prądu i_1 również zmalała względem poprzedniego oscylogramu. Ciągłość prądu i_{L0} , którą obserwowaliśmy na ostatnich trzech wykresach wynika z wielkości obciążenia. Nieciągłość prądu i_{L0} powoduje nagły wzrost napięcia U_0 .



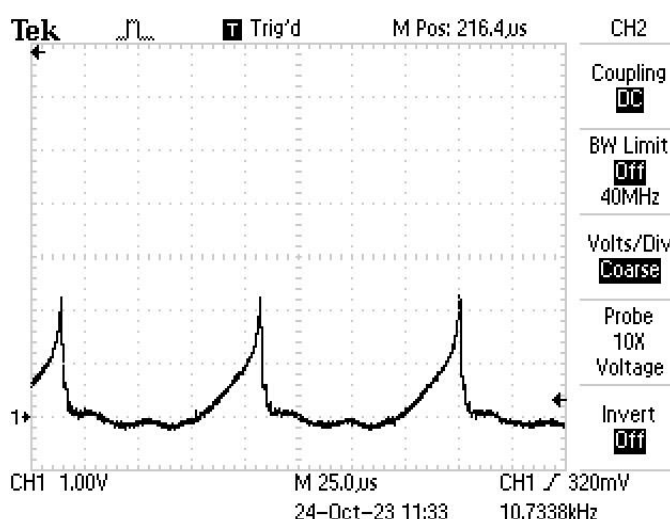
Grafika 8 Praca przetwornicy

podstawa czasu 25us

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{42\mu s} \approx 23809\text{Hz} - \text{zblizone do wartosci na oscylogramie}$$

Na ósmym oscylogramie obserwujemy prace przetwornicy przed stanem awaryjnym. Ograniczyliśmy prąd wyjściowy na 0,5A, prąd wejściowy w tym czasie wynosił 0,7A (wartości średnie).

Pierwszy stan awaryjny – zbyt mała częstotliwość



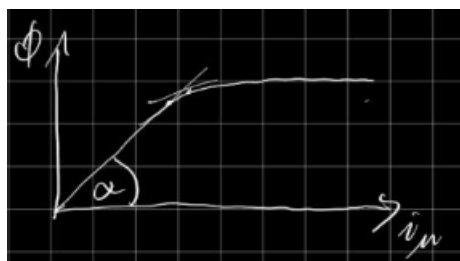
Grafika 9 Praca przetwornicy - zbyt duża częstotliwość

podstawa czasu 25us

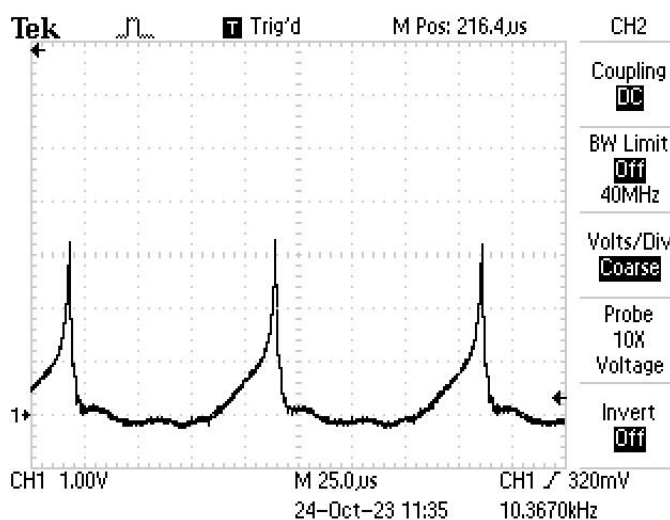
$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{95\mu s} \approx 10526\text{Hz} - \text{zblizone do wartosci na oscylogramie}$$

Na dziewiątym oscylogramie obserwowaliśmy pierwszy stan awaryjny wynikający ze zbyt małej częstotliwości impulsowania tranzystorów. Charakterystyczne nieliniowe, stopniowo coraz szybciej wzrastające przebiegi w tym stanie spowodowane są zależnością

prądu i_u od krzywej magnesowania. Jak można zauważyć na poniższym wykresie po przekroczeniu punktu nasycenia rdzenia nachylenie nam się nagle zmienia. Im wyższy punkt tym narastanie prądu jest szybsze.



Grafika 10 Charakterystyka przepływu od prądu i_u



Grafika 11 Praca przetwornicy - zbyt duża częstotliwość

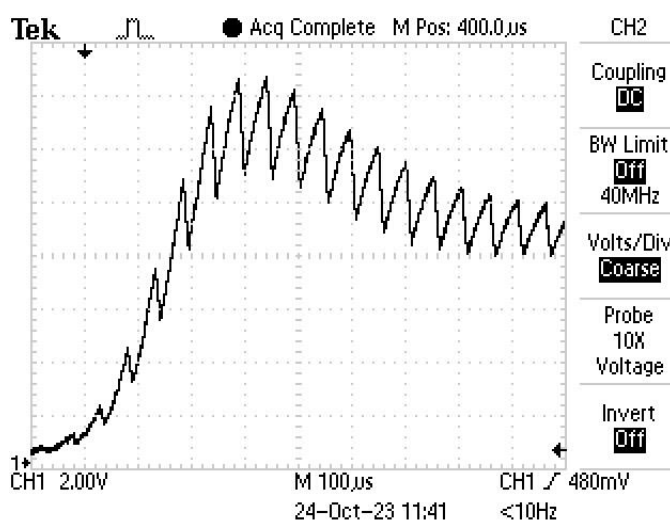
podstawa czasu 25us

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{97\mu s} \approx 10309\text{Hz} - \text{zbliżone do wartości na oscylogramie}$$

Na dziesiątym oscylogramie zmniejszyliśmy częstotliwość dla lepszego zaobserwowania stanu awaryjnego. Oprócz wskazującego na stan awaryjny przebiegu słyszeliśmy również pisk wynikający ze zbyt niskiej częstotliwości. Prąd wejściowy w tym

stanie wynosił 0,9A, natomiast prąd wyjściowy 0,6A. Zatem wartości prądu zgodnie z oczekiwaniami wzrosły.

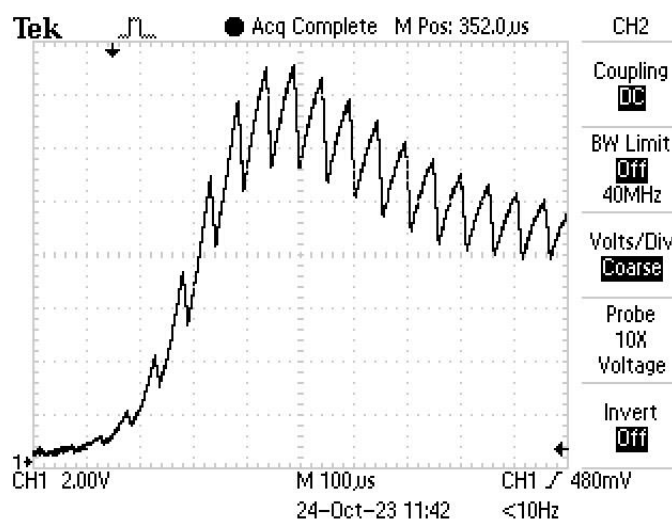
Drugi stan awaryjny – zbyt duży współczynnik wypełnienia E



Grafika 11 Prąd i_1 $E > 0,5$

podstawa czasu 100µs

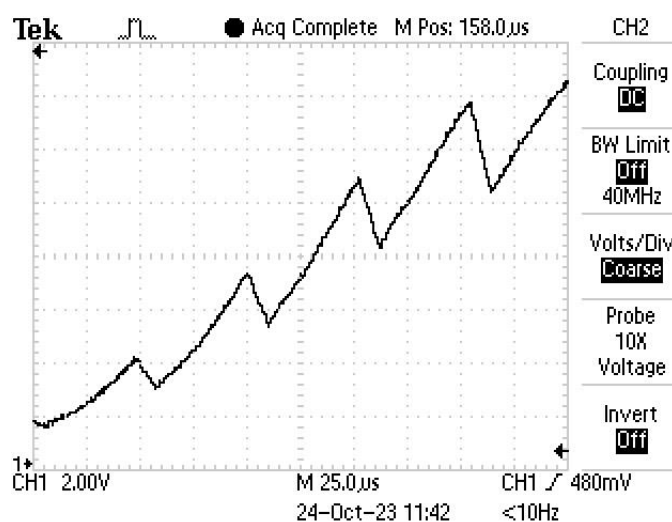
Na jedenastym oscylogramie obserwowaliśmy prąd i_1 podczas drugiego stanu awaryjnego wywołanego zbyt dużym wypełnieniem współczynnika ε (powyżej 0,5). Podczas zbyt dużego wypełnienia współczynnika ε prąd magnesujący nie może się rozładować i stale wzrasta co może prowadzić do zwarcia.



Grafika 12 Prąd i_1 $E > 0,5$

podstawa czasu 100us

Dwunasty oscylogram był kolejnym zarejestrowanym przebiegiem prądu i_1 w danym stanie awaryjnym.

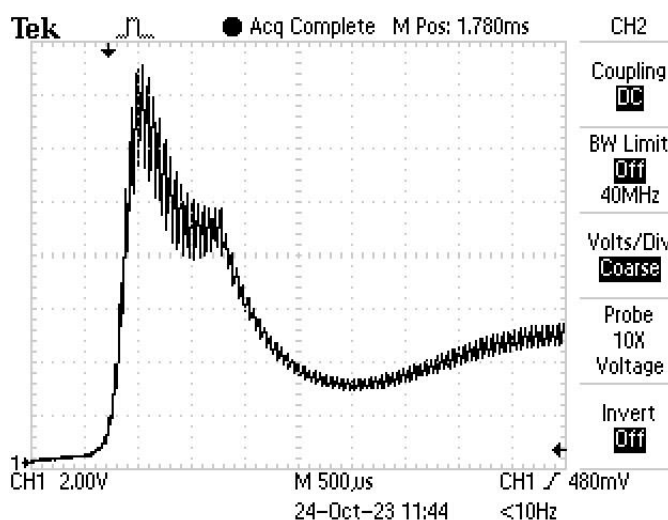


Grafika 13 Zbliżenie części narastającej prądu i_1 $E > 0,5$

podstawa czasu 25us

$$\varepsilon_{awaryjny} \approx \frac{42,5\mu s}{52,5\mu s} = 0,81$$

Na trzynastym oscylogramie zarejestrowane zostało zbliżenie zbocza narastającego prądu i_L podczas danego stanu awaryjnego. Lepiej widoczna na nim jest piłokształtność przebiegu, dzięki czemu możemy też lepiej określić wartość współczynnika ε .



Grafika 14 Prąd i_L $E > 0,5$

podstawa czasu 500us

Czternasty zarejestrowany oscylogram to przebieg prądu i_L w danym stanie awaryjnym z większym zarejestrowanym przedziałem. Prąd początkowo przechodzi nagły wzrost i nieco łagodniejszy od wzrostu spadek spowodowany rozładowaniem kondensatora C_f , by ostatecznie przejść znowu już do znacznie łagodniejszego wzrostu spowolnianego przez cewkę L_f .

Wnioski

Po analizie obserwowanych stanów awaryjnych przetwornicy, można wyciągnąć kilka istotnych wniosków, które mają kluczowe znaczenie dla optymalizacji działania urządzenia.

Pierwszym istotnym wnioskiem jest konieczność kontrolowania częstotliwości załączania tranzystorów w celu uniknięcia nagłych wzrostów prądu magnesującego, będących wynikiem nasycenia rdzenia. Nadmierne nasycenie rdzenia może prowadzić do niekorzystnych skutków dla działania przetwornicy. Stąd też konieczne jest monitorowanie i utrzymanie odpowiedniej częstotliwości załączania tranzystorów, aby minimalizować ryzyko nasycenia rdzenia i zapewnić stabilność pracy układu. Ciekawym spostrzeżeniem jest to, że skrajne spadki częstotliwości jesteśmy w stanie nawet usłyszeć co ułatwia reakcję.

Kolejnym istotnym krokiem jest dbałość o właściwy współczynnik wypełnienia czasu załączania tranzystorów, aby zapewnić odpowiedni czas na rozładowanie energii zgromadzonej na cewkach. Utrzymanie współczynnika ε poniżej 0,5 zapobiega ciągłemu wzrostowi prądu, który może prowadzić do zwarcia.

Ponadto, należy zwrócić uwagę na ciągłość prądu na cewce wyjściowej, aby uniknąć nagłych skoków napięcia na wyjściu. Zapewnienie ciągłego przepływu prądu na cewce zapobiega niekontrolowanym skokom napięcia na wyjściu, co z kolei przyczynia się do poprawy wydajności i niezawodności przetwornicy.