

ENERGIA Z FOTWOLTAIKI

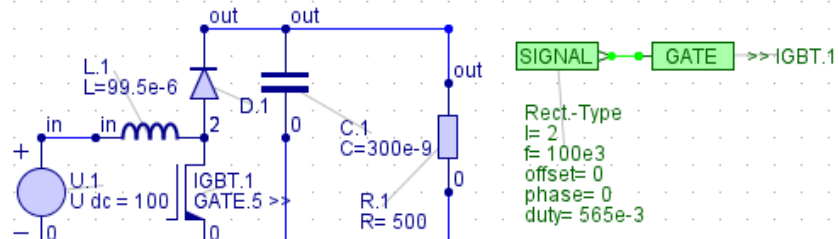
Pośrodku układu słonecznego znajduje się potężny reaktor termojądrowy, który emituje gigantyczne ilości energii. Szkoda by było, żeby się zmarnowała, dlatego korzystamy z paneli fotowoltaicznych. Jednak napięcie podawane przez panele nie jest wygodne do użytku. Dodatkowo, aby panele pracowały z pełną wydajnością, muszą być obciążone na odpowiednie napięcie. Poniżej przebieg źle obciążonego panelu:



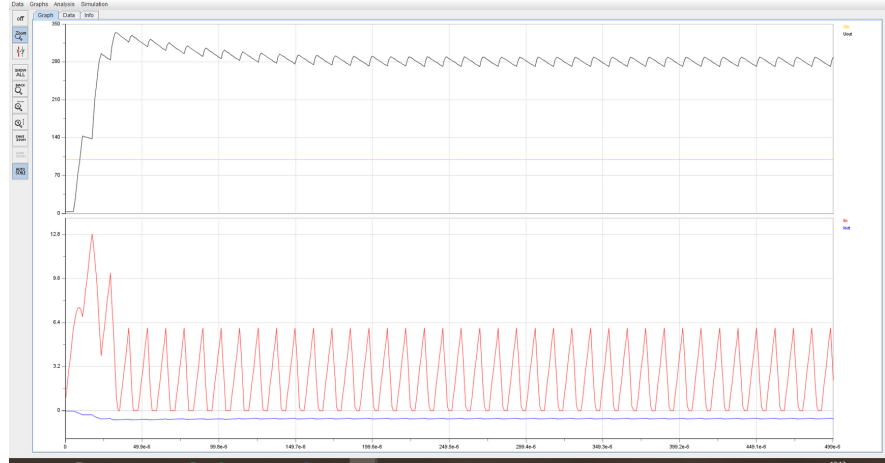
Kolor szary: V podawane przez panel
Kolor czerwony: I podawane przez panel
Kolor niebieski: V * I podawane przez panel

Rozwiązanie

Otrzymując prąd stały o napięciu 50V. Moglibyśmy oczywiście zaprojektować inne nasze urządzenia, aby działały na takim napięciu, jednak byłyby to bardzo pracochłonne i nieefektywne. Dlatego skorzystamy z układu boost, który zwiększy napięcie na wyjściu, wykorzystując charakterystykę cewki.



Powyżej na rysunku przedstawiony jest schemat układu boost w programie GeckoCIRCUITS, służącym do symulacji obwodów elektrycznych. Powyższy układ ma dwie fazy działania. Początkowo ładowana jest cewka przy zamkniętym przełączniku GATE5. W momencie jego otwarcia obwód o bardzo małym oporze zostaje przerwany, z tego powodu cewka generuje skok napięcia, którym ładuje kondensator C1 oraz zasila układ o Rz 1. Przełącznik jest sterowany sygnałem prostokątnym a ułamek jego wypełnienia definiuje, o jaki procent wzrośnie napięcie na wyjściu w stosunku do źródła.



I wykres: kolor szary/czarny - napięcie na wyjściu boostera
kolor żółty - napięcie wejściowe boostera

II wykres: kolor pomarańczowy - natężenie prądu na cewce (defacto na źródle)
kolor niebieski - natężenie na wyjściu (jest oznaczone na wykresie ze znakiem minus, ponieważ odczyt natężenia został ustawiony w drugą stronę)

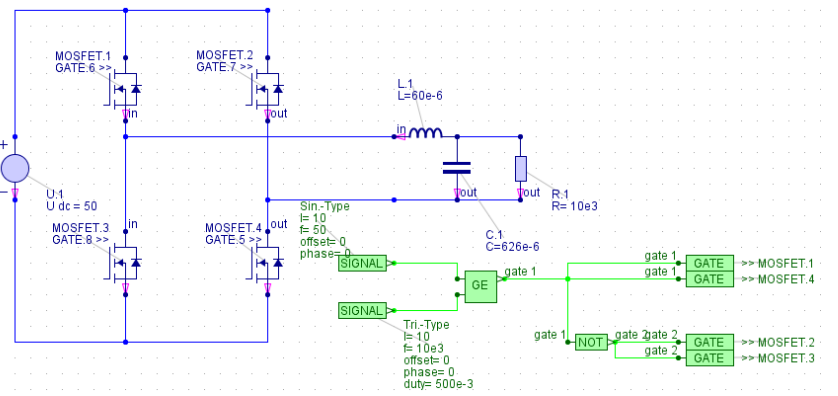
Jak można zauważyć, że otrzymaliśmy napięcie w okolicy 240V, jednak sygnał dalej nie jest stabilny. Dokładną wartość w okół której ma oscylować napięcie. Jesteśmy w stanie dobrać, zmieniając wartości charakteryzujące cewkę, kondensator oraz zmieniając wypełnienie sygnału sterującego. Do uzyskania wygodnego sygnału sinusoidalnego użyjemy falownika.

FALOWNIK

Falownik jest układem wykorzystującym sterowane tranzystory do modulowania napięcia. Sterowanie odbywa się za pomocą porównywania sygnału trójkątnego do sygnału referencyjnego, otrzymujemy w ten sposób sygnał PWM, który jest podawany na tranzystory. W naszej pracy rozważaliśmy dwa rodzaje sterowania falownikami bipolarnymi oraz unipolarnymi.

Bipolarny

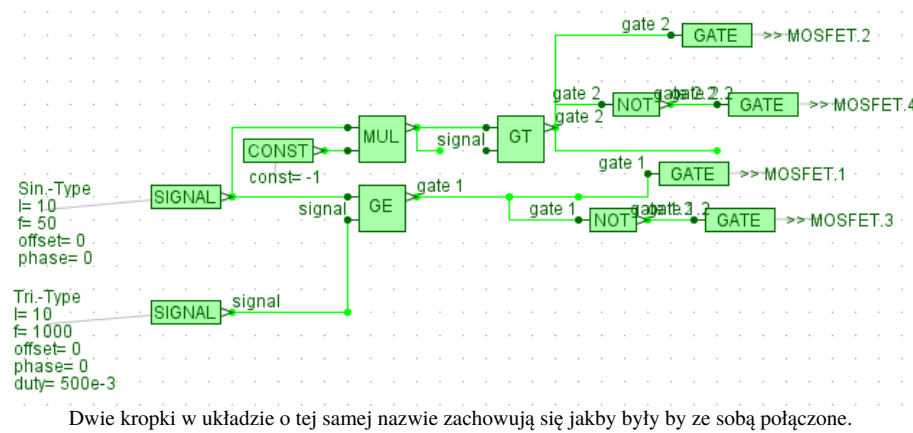
W przypadku sterowania bipolarnego mamy dwa sygnały, gdzie każdy z nich steruje dwoma tranzystorami. Sygnał 2 jest zaprzeczeniem sygnału 1.



Sygnał taki otrzymujemy przez porównanie sinusoidalnego sygnału referencyjnego i trójkątnego, gdzie otrzymujemy sygnał logiczny 0 lub 1. sygnał w ten sposób otrzymany wysyłamy na MOSFET 1 i 4 a jego odwrotność na MOSFET 2 i 3. W ten sposób raz otrzymamy napięcie U_{in} a w drugim przypadku $-U_{in}$. Po dodaniu filtra LC do układu otrzymamy sinusoidalny prąd przemienny. Oczywiście, aby otrzymać pożądane przez nas wartości musimy dostosować parametry elementów takich jak kondensatory i cewki.

Unipolarny

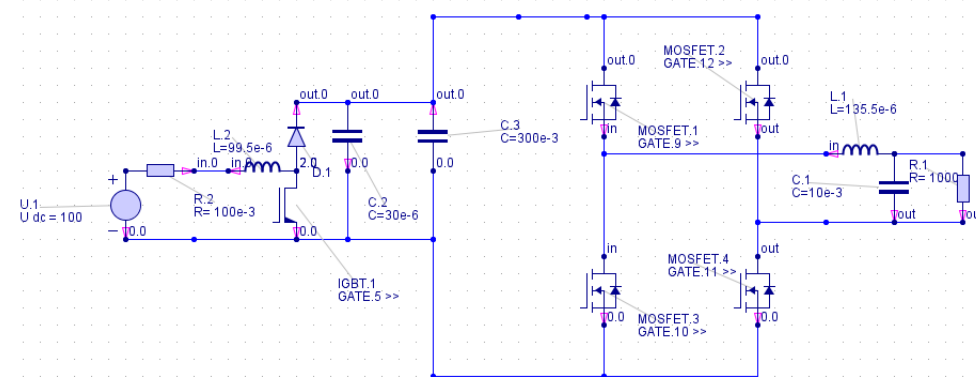
Teraz zamiast dwóch przypadków ustawienia tranzystorów otrzymujemy 3 różne przypadki. Pierwszy, w którym U_{in} drugi gdzie $U=0$ oraz trzeci gdzie $-U_{in}$. Dzięki temu zmiany napięcia nie są tak gwałtowne, a tranzystory mają mniejsze przebiegi. Jednak ta metoda jest bardziej skomplikowana, ponieważ potrzebujemy porównać sinusoidalny sygnał referencyjny oraz odwrotność sygnału referencyjnego. Dzięki zastosowaniu ww. układu nie mamy przerwy w dostawie prądu na wyjściu. Układ logiczny sterujący poniżej. Oznaczenia MOSFET identyczne jak w przypadku sterowania bipolarnego



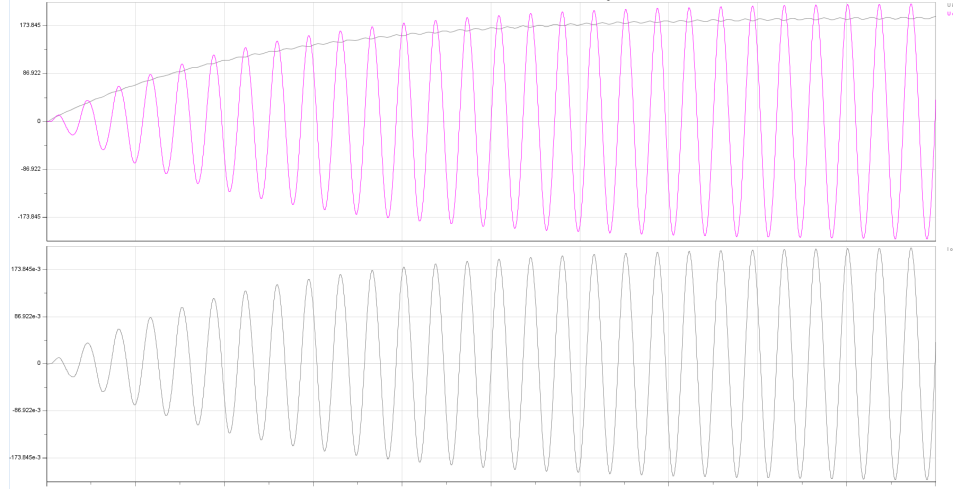
Dwie kropki w układzie o tej samej nazwie zachowują się jakby były by ze sobą połączone.

POŁĄCZENIE

Teraz możemy połączyć oba układy, aby z sygnału wejściowego pochodzącego z paneli słonecznych zamienić go w prąd o wykresie sinusoidalnym o większej amplitudzie.



Połączenie układu boost oraz falownika do sterowania unipolarnym. Część logiczna sterowania nie została zamieszczona, ponieważ niczym nie różni się od poprzednich przykładów.



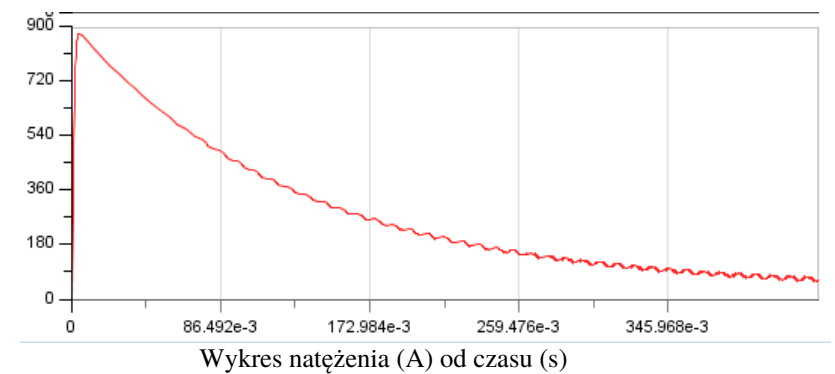
I wykres: kolor szary - napięcie na wejściu falownika
kolor różowy - napięcie na wyjściu falownika

II wykres: Kolor szary - natężenie na wyjściu falownika

Na powyższym wykresie jest przedstawiona zależność napięcia oraz natężenia od czasu na wyjściu falownika. Można zauważyć, że przy znacznym obciążeniu booster potrzebuje czasu, aby się rozpędzić, dlatego na początku napięcie jeszcze nie jest maksymalne.

PROBLEMY

Można zauważyć, że układ posiada dodatkowe elementy, których nie było na poprzednich schematach. Po podłączeniu obu układów zauważyliśmy, że na boosterze dochodzi do zwarcia w trakcie ładowania cewki. W programie, z którego korzystaliśmy wszystkie elementy układu są idealne, czyli np. cewka nie ma oporu, a tranzystory mają 100% sprawności. Z tego powodu w momencie zamknięcia małego oczka do ładowania cewki, nie znajdował się tam praktycznie żaden opór (opór tranzystora $10e-9(Ohm)$) natężenie dążyło do astronomicznych wartości. Gdybyśmy w rzeczywistości zbudowali taki układ (oczywiście niedoskonały) brak opornika doprowadził by prawdopodobnie do zwarcia i stopienia układu. Jednak opornik nie rozwiązał całości problemu, tylko go ograniczył, ponieważ w trakcie startu osiągamy napięcie setki razy za duże.



W rzeczywistości sterowanie boostera ma system softstartu który ogranicza pobór mocy na samym początku, dzięki któremu booster nie ładuje cewki z pełną mocą co by powodowało ww. skok natężenia. Niestety nie udało nam się za symulować takiego modułu w naszym programie. Więc jedyne co możemy zrobić to zminimalizować problem opornikiem oraz zapomnieć o kilku dziesiątych sekundy na początku działania symulacji. W końcu reszta działa, a na wyjściu dostajemy pożądane napięcie oraz natężenie.



Problematyczne jest także dobranie odpowiednich wartości komponentów, w przypadku symulacji zmiana zajmuje dwa kliknięcia, jednak w trakcie budowy prawdziwego układu nie można pozwolić sobie na błąd. Na powyższym wykresie widzicie praktycznie idealnie dobrane wartości, amplituda drgań zgadza się idealnie z prądem na wejściu falownika. Jest to wykres z modelu falownika bipolarnego, wcześniej przedstawionego. Jak można łatwo zauważyć w przypadku połączenia falownika unipolarnego oraz boostera nie udało się dobrać idealnych wartości. Jednak dla nas jest to akceptowalny poziom błędów.

Solar

Niestety nie udało nam się zintegrować naszego układu booster-falownik z symulacją ogniw fotowoltaicznych. Jak już było wspomniane wcześniej, ogniwa obciążenia odpowiednim napięciem, aby pracować z największą mocą. Nie znaleźliśmy sposobu na połączenie sterowania naszego układu oraz sterowania wykorzystanego do symulacji paneli słonecznych. Jednak źródło prądu stałego o napięciu 50V bardzo dobrze symuluje panele słoneczne sterowane, aby pracować z maksimum mocy.

PODSUMOWANIE

Udało nam się za symulować układ, który jest w stanie pobierać prąd stały z paneli słonecznych i transformować go w prąd zmienny o zadanej amplitudzie i częstotliwości. Uwydatnia to, istniejące różnice pomiędzy symulacją a rzeczywistym urządzeniem. W przypadku symulacji o wiele szybciej możemy zmodyfikować układ, nad którym pracujemy, jednak symulacja nie oddaje idealnie istotnych właściwości układu. Jak rezystencja niektórych elementów lub system sterowania. Mimo wszystkich wymienionych wyżej przybliżeń symulacja układów przez nas wykonana jest wartościowa i dostarcza nam informacji na temat najlepszego sterowania falownikami, optymalnymi wartościami komponentów oraz mocy układu. Nie musimy także dokonywać zakupów drogich komponentów aby przetestować nowe pomysły.