

Generator electric cu flux axial

Simularea structurii vizate de generator electric cu flux axial a urmărit influența formei polilor rotorici asupra formei de undă și a valorii tensiunii debitate. Au fost considerate inițial 3 cazuri în care forma geometrică a acestor poli a fost modificată în limite foarte largi în timp ce restul dimensiunilor geometrice ale modelului, precum și regimul de funcționare, au fost păstrate constante. Datorită simetriei structurii studiate a fost implementat în programul Jmag Designer doar 1/6 din generator, prezentată în figura 1.

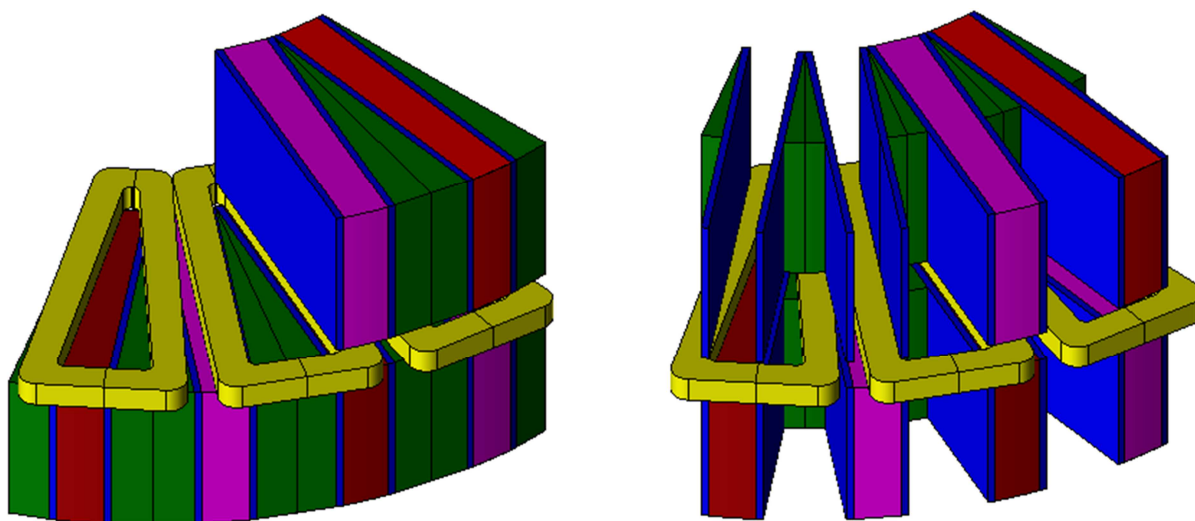
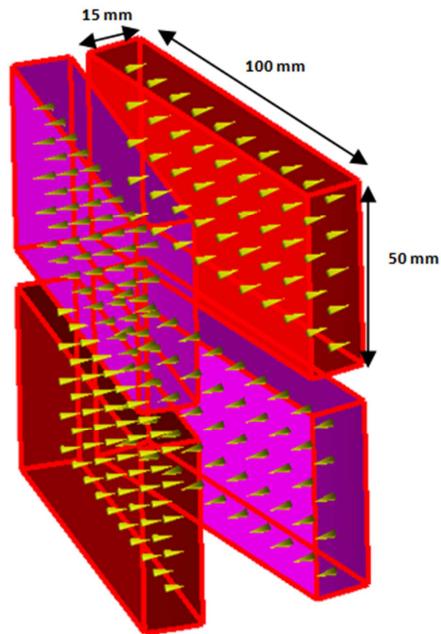


Figura 1 – Structura utilizată în simulări

Principalii parametri și dimensiuni geometrice ale modelului considerat sunt prezentate în Tabelul 1. Utilizând aceste valori inițiale se vizează determinarea formei polului care oferă cele mai bune performanțe, fiind vizată optimizarea ulterioară a dimensiunilor geometrice.

Tabelul 1

Număr poli	24
Număr bobine	18
Diametru interior [mm]	150
Lungimea axială a generatorului [mm]	110
Diametru exterior [mm]	348
Lungime întrefier [mm]	1



În construcția modelului sunt utilizați magneți permanenți din ferite magnetizați pe direcție circumferențială alternând un pol sud cu unul nord, păstrând această alternanță a magnetelor și față de magnetii de pe rotorul opus.

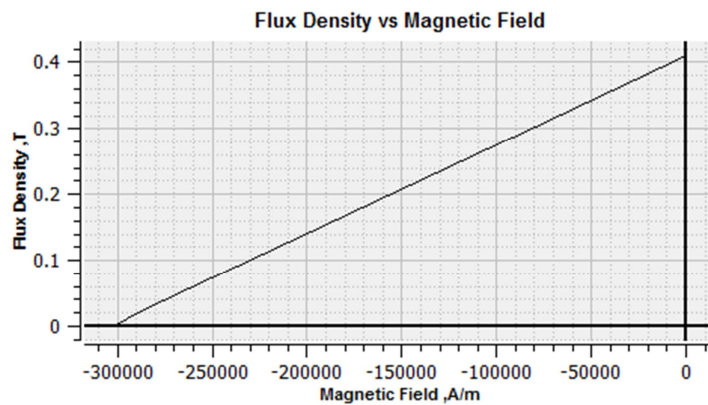


Figura 2. Forma și direcția de magnetizare a magnetilor din rotor

Au fost considerate trei cazuri în care forma geometrică a polilor rotorici a fost modificată, păstrând aceleași condiții de simulare. Datorită valorii mici a inducției în anumite zone din poli pentru primul caz în care s-a considerat că întreg polului să-i fie atribuit același material, în următoarele cazuri s-a redus volumul polului în al doilea caz cu 48298 mm^3 , iar în al treilea caz cu 64496 mm^3 .

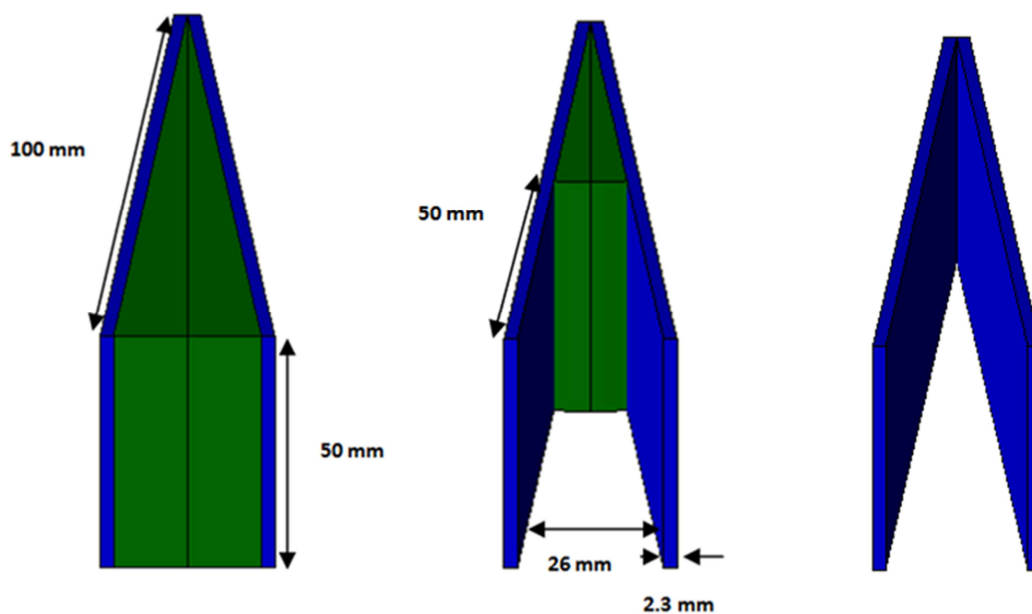


Figura 3. Forma și dimensiunea polilor rotorici

Potrivit dimensiunilor bobinei s-au putut acomoda un număr de 100 spire cu diametrul $D_{Cu}=0.82\text{ mm}$ și rezistență de $0,6\ \Omega/\text{bobina}$. Pentru a obține o tensiune de valoare mai mare la bornele generatorului cele 6 bobine aparținând fiecărei faze sunt conectate în serie, rezultând o rezistență a fazei de $3,6\ \Omega$.

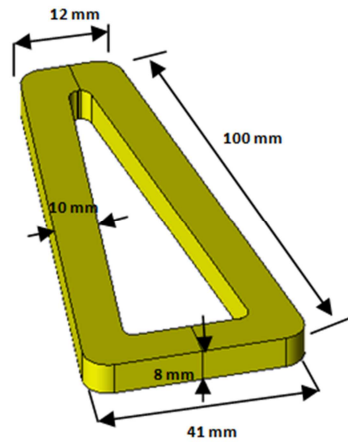


Figura 4. Forma și dimensiunea unei bobine

Rezultate obținute în urma simulărilor

În primul caz considerat polii rotorici ocupă tot spațiul dintre doi magneți permanenți vecini. Repartiția inducției în modelul considerat este prezentată în figura 2. Se poate observa că valoarea inducției în zona centrală a polilor este apropiată de 0, iar în aproape 70% din întregul volum al polilor inducția nu depășește $0,3\text{ T}$, ceea ce denotă o slabă utilizare a materialului. Valori apropiate de 1 T se întâlnesc doar în apropierea suprafeței polilor spre întrefier și magnetii permanenți, valorile maxime ($1,6\text{--}1,7\text{ T}$) fiind concentrate în zona colțurilor polilor dinspre întrefier.

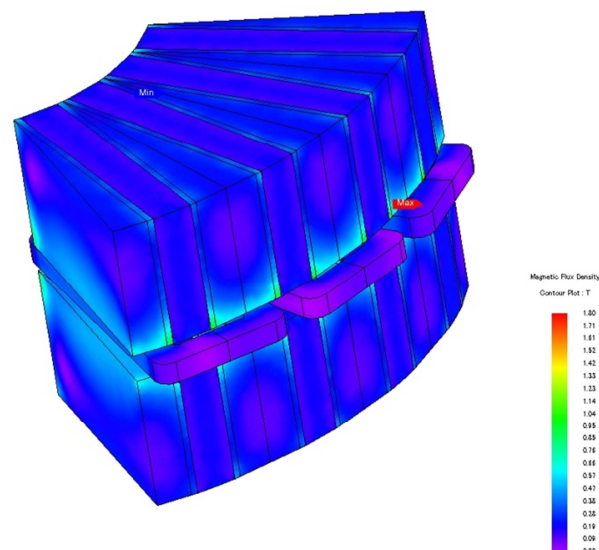


Figura 5 – Repartiția inducției magnetice în structura considerată

Pentru o mai bună imagine asupra distribuției inducției magnetice în polii rotorici în Figura 6 au fost eliminați magneții permanenți și bobinele.

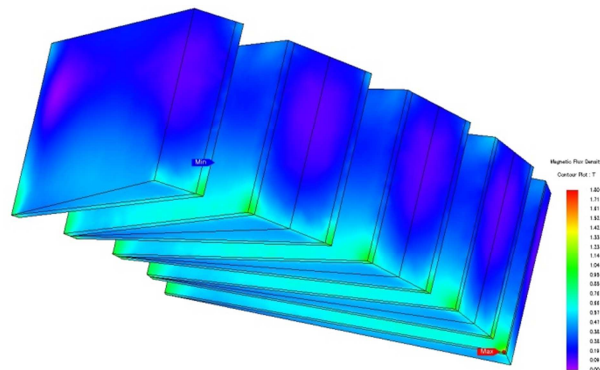


Figura 6 – Repartiția inducției magnetice în polii rotorici

În cel de-al doilea caz studiat zona centrală a polilor rotorici, unde au fost observate valori reduse ale inducției magnetice, a fost eliminată. Noii poli sunt formați din două piese distincte, având înălțimea și lungimea egală cu cea a magneților permanenți, lățimea lor fiind egală cu 1/2 din distanța minimă dintre doi magneți permanenți adiacenți. În figura 7 se prezintă repartiția inducției în polii rotorici, fiind evidentă o repartiție mai uniformă a inducției magnetice în poli, cu valori mai mari de 1 T în mai mult de 1/2 din volum. Ca și în cazul anterior se observă că valorile maxime ale inducției sunt concentrate în colțurile (exterioare) dinspre întrefier ale polilor, fiind atinse valori maxime de aproximativ 1,8 T.

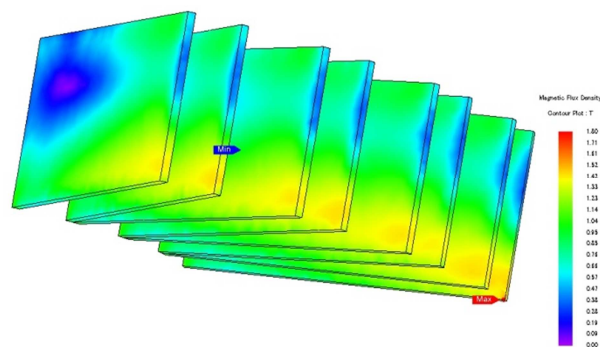


Figura 7 – Repartiția inducției magnetice în polii rotorici cu formă modificată

O altă variantă considerată este prezentată în figura 8, unde polii rotorici sunt decupați astfel încât zona centrală dinspre exteriorul rotorului (unde în cazul inițial au fost observate valori reduse ale inducției magnetice) este eliminată. Față de cazul anterior se observă o creștere a valorilor inducției în zona dinspre întrefier și o reducere a acestora în zona dinspre exterior.

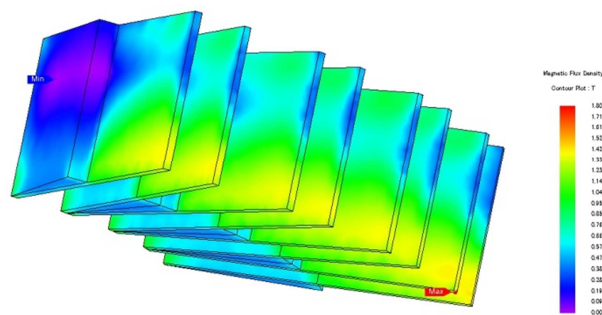


Figura 8 – Repartiția inducției magnetice în polii rotorici decupați

Pentru o mai bună vizualizare a influenței formei polilor asupra repartiției inducției magnetice în întrefierul mașinii au fost considerate 3 secțiuni circulare prin întrefier, la mijlocul distanței dintre stator și unul dintre rotoare. Arcurile de cerc sunt considerate la 10% de capetele polilor și la mijlocul acestor poli, având raza de 85mm, 125mm și 165mm.

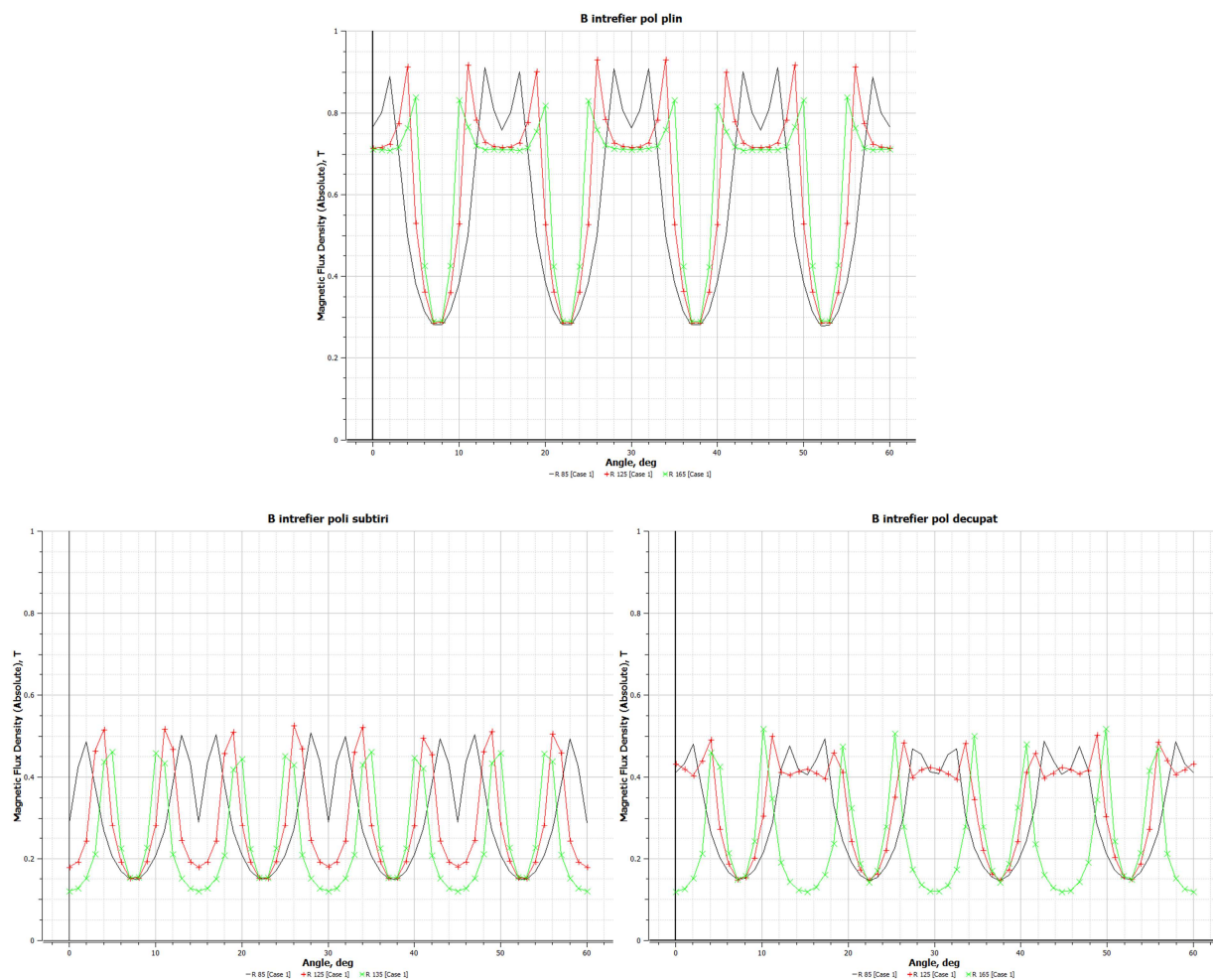


Figura 9 – Repartiția inducției magnetice în întrefier

Simulările în regim dinamic au fost realizate la o turație de 450 rpm pentru o durată de 0,022 secunde, rezultând o deplasare a rotorului cu 60° mecanice, echivalentul a doi pași polari. Tensiunile obținute la bornele generatorului pentru cazul inițial, în care polii sunt păstrați întregi, sunt prezentate în figura 10. Valoarea efectivă a tensiunii de fază obținute este de 187,9V pentru fiecare dintre cele 3 faze.

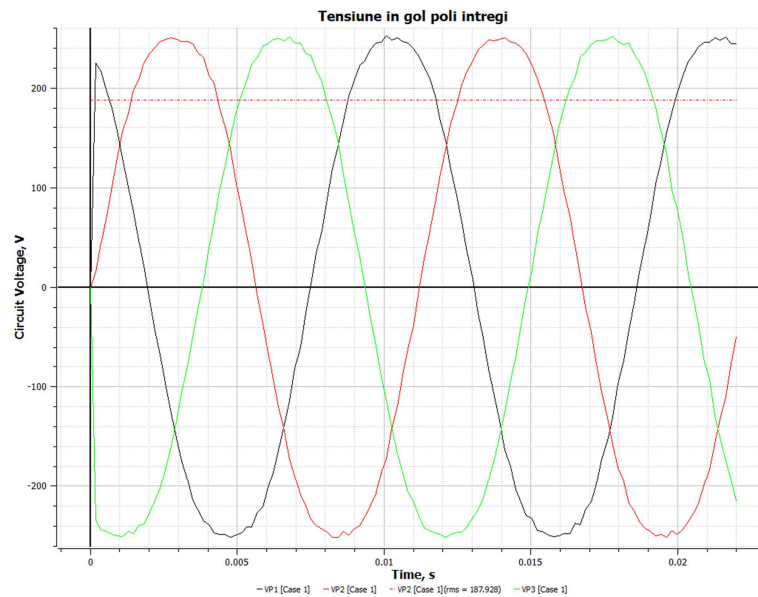


Figura 10 – Tensiunea la bornele generatorului

În cazul în care forma polilor a fost modificată, forma de undă a tensiunilor este deformată față de cazul inițial, fapt datorat formei de variație a inducției în întrefier. Se poate observa o scădere importantă a valorii efective a tensiunii de fază la 145,6 V în cazul structurii cu poli subțiri și la 150,9 V în cazul structurii cu polii decupați. În urma unei analize FFT s-a determinat că tensiunile obținute în aceste două cazuri au conținut de armonici mai mare față de cazul inițial.

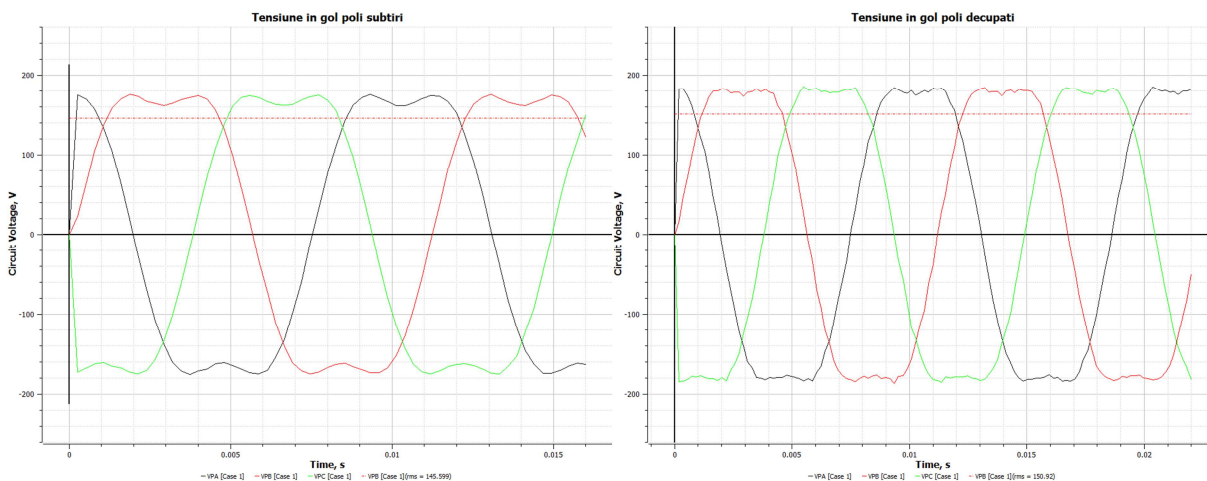


Figura 11 – Tensiunea la bornele generatorului în cazul utilizării de poli modificați

În figura 12 sunt prezentate formele de undă ale tensiunilor debitate generatorului în cazul în care la bornele acestuia au fost conectate sarcini simetrice pur rezistive, având valoarea de $25\ \Omega$, respectiv $100\ \Omega$. Se observă o ușoară scădere a valorii efective a tensiunilor de fază, de la 187,9 V la funcționarea în gol la 174,2 V (7,3%) în cazul unei sarcini de $25\ \Omega$, respectiv la 184,8 V (1,64%) în cazul sarcinii de $100\ \Omega$.

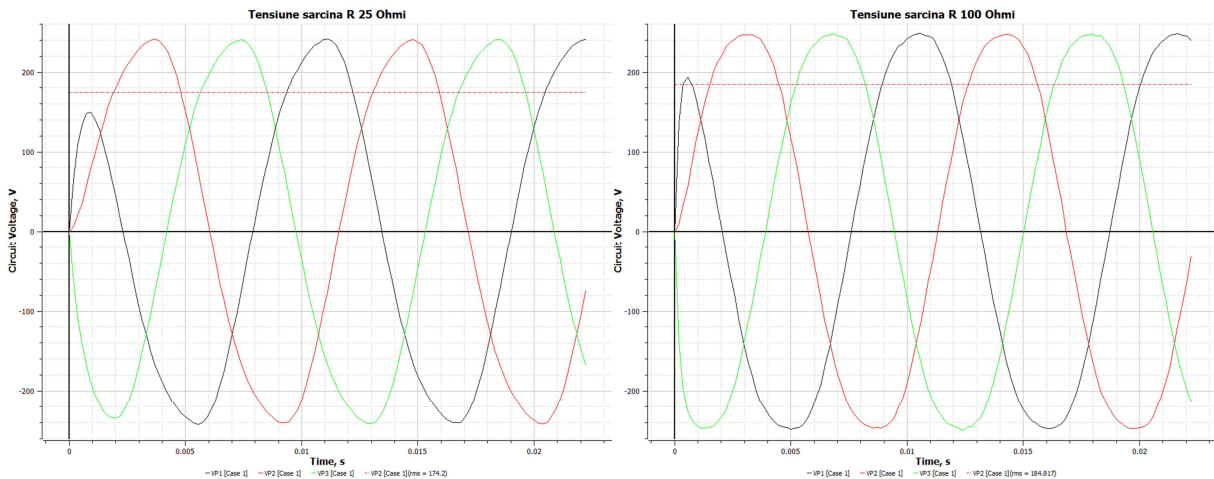


Figura 12 – Tensiunea la bornele generatorului la funcționarea în sarcină

O comparație a formei de undă a tensiunilor de fază în cazul funcționării în gol sau cu sarcină rezistivă este prezentată în figura 13. Se observă pe lângă o ușoară scădere a valorii acestor tensiuni și o defazare a tensiunilor pe măsură ce valoarea curentului crește.

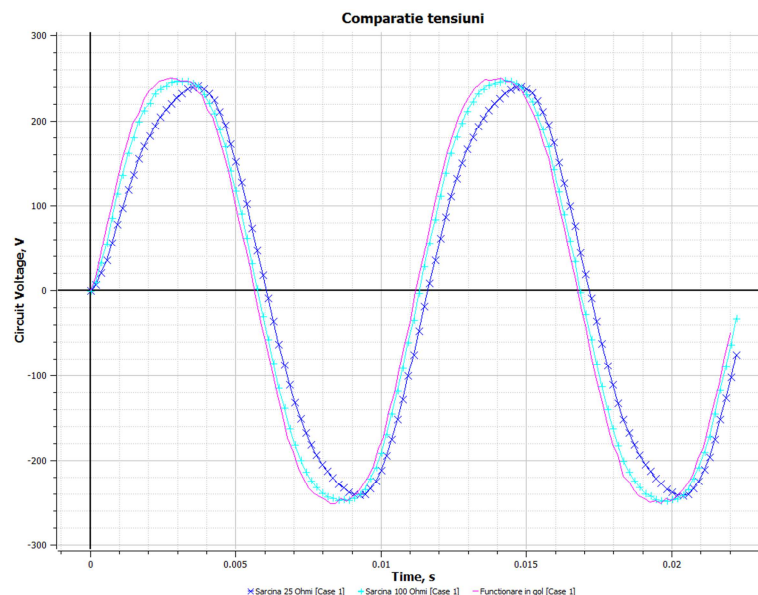


Figura 13 – Tensiunea la bornele generatorului la funcționarea în gol și în sarcină

O comparație a curenților prin una din fazele generatorului în condițiile conectării celor două valori de sarcină arată o creștere a curentului de la 1,8 A (RMS), în cazul sarcinii de 100 Ω , la 6,9 A în cazul sarcinii de 25 Ω .

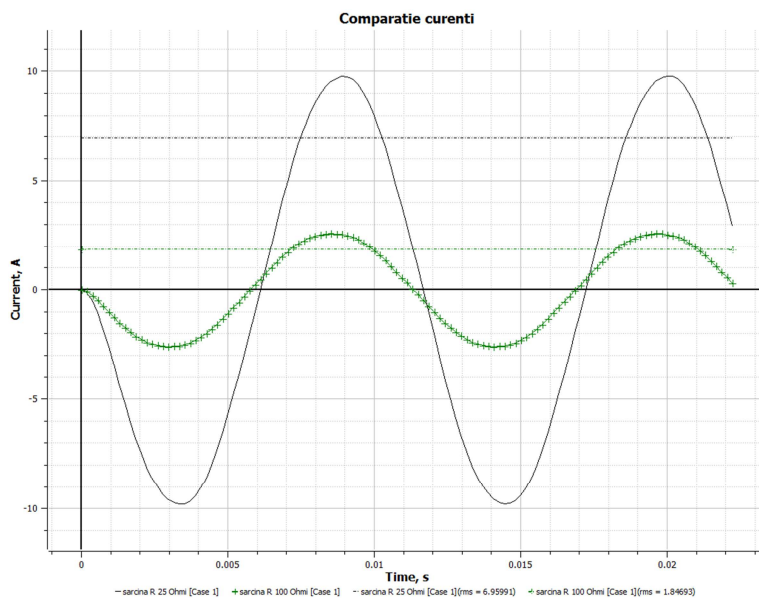


Figura 14 – Curenții de sarcină