

ARMATURE REACTION & COMMUTATION IN DC GENERATORS

डीसी जनरेटरमधील आर्मेचर प्रतिक्रिया आणि समावर्तन

डीसी जनरेटरमधील (DC Generator) अदृश्य चुंबकीय शक्तींचे कार्य समजून घेणे.

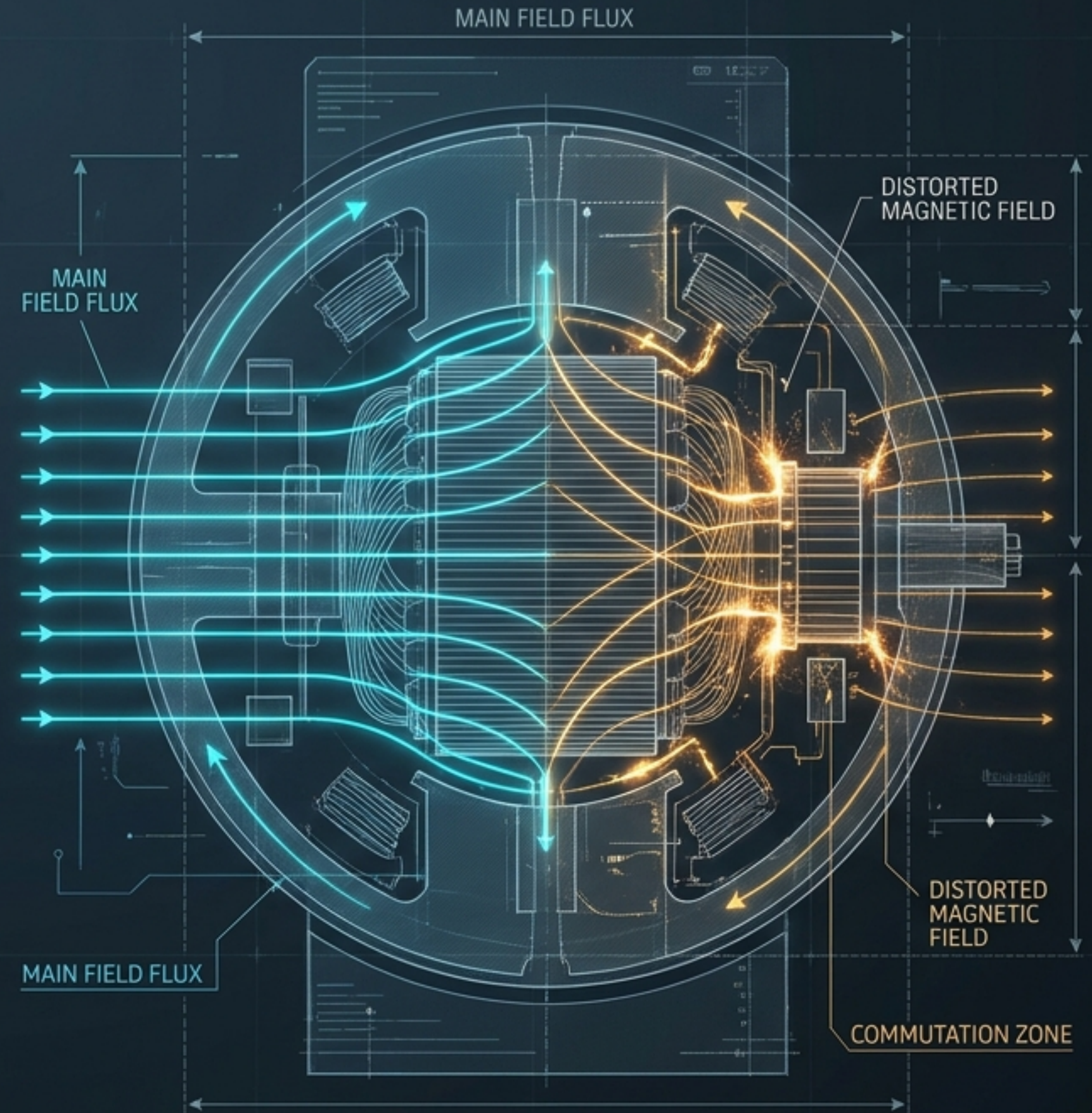
जनरेटरवर भार (Load) वाढल्यावर निर्माण होणाऱ्या समस्यांची ओळख.

आर्मेचर प्रतिक्रिया (Armature Reaction) आणि त्याचे जनरेटरवर होणारे परिणाम.

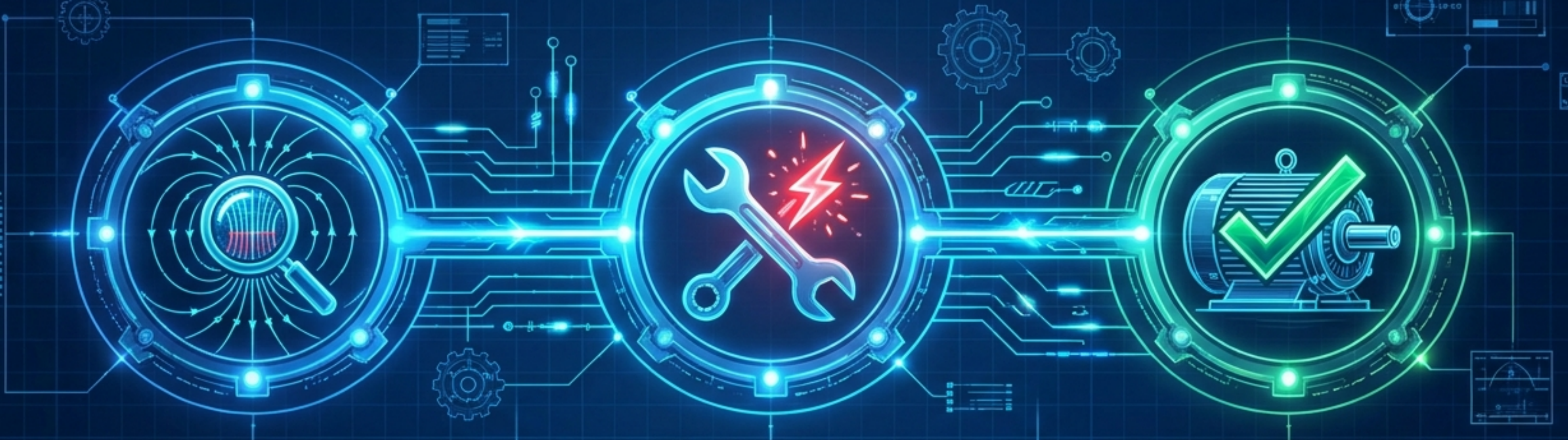
समावर्तन (Commutation) प्रक्रियेतील अडथळे आणि स्पर्किंगची (Sparking) कारणे.

या तांत्रिक समस्यांवर मात करण्यासाठी वापरले जाणारे व्यावहारिक आणि प्रगत उपाय.

चुंबकीय अभिवाहाचा (Magnetic Flux) अभ्यास करून मशीनची कार्यक्षमता वाढवणे.



LEARNING OBJECTIVES / शिकण्याची उद्दिष्टे



आर्मेचर प्रतिक्रिया (Armature Reaction)
म्हणजे काय ते स्पष्ट करणे.

क्रॉस-मॅग्नेटायझिंग (Cross-magnetizing)
आणि विचुंबकीय (Demagnetising)
प्रभाव समजून घेणे.

GNA (भौमितिक तटस्थ अक्ष) आणि
MNA (चुंबकीय तटस्थ अक्ष) मधील फरक
आणि विस्थापन ओळखणे.

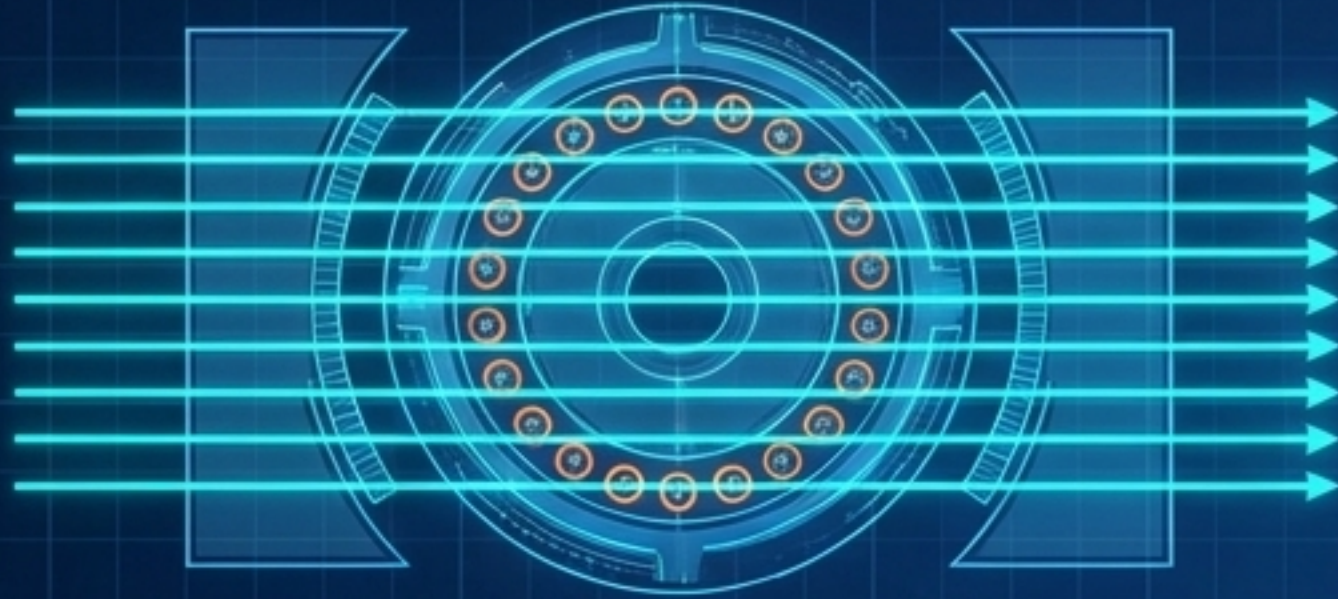
समावर्तन (Commutation) प्रक्रिया
आणि त्यातील गुळगुळीत (Smooth) व
खडबडीत (Rough) प्रकार ओळखणे.

आर्मेचर प्रतिक्रियेमुळे होणारे नुकसान
टाळण्यासाठी योग्य उपाय (Remedies)
लागू करणे.

स्पार्किंग (Sparking) थांबवण्यासाठी
इंटरपोल्स (Interpoles) आणि इतर
पद्धतींचे महत्त्व समजणे.

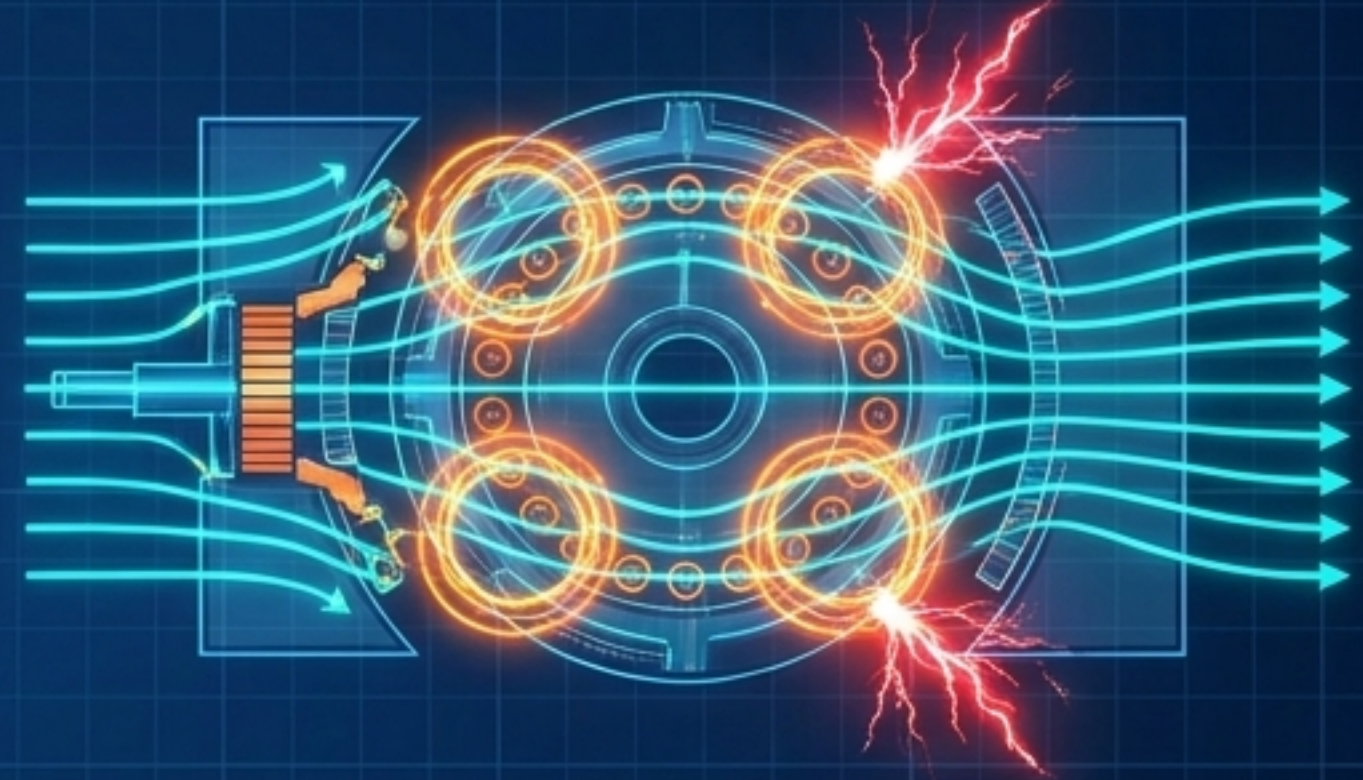
THE IDEAL VS. REAL GENERATOR / आदर्श विरुद्ध वास्तविक जनरेटर

NO LOAD = PERFECT FLOW
भार नसताना (UNLOADED)



- जेव्हा जनरेटरवर कोणताही भार नसतो (Unloaded), तेव्हा त्याचे कार्य आदर्श असते.
- आदर्श स्थितीत, मुख्य फील्ड अभिवाह (Main field flux) पूर्णपणे एकसमान (Uniform) आणि सरळ वाहतो.

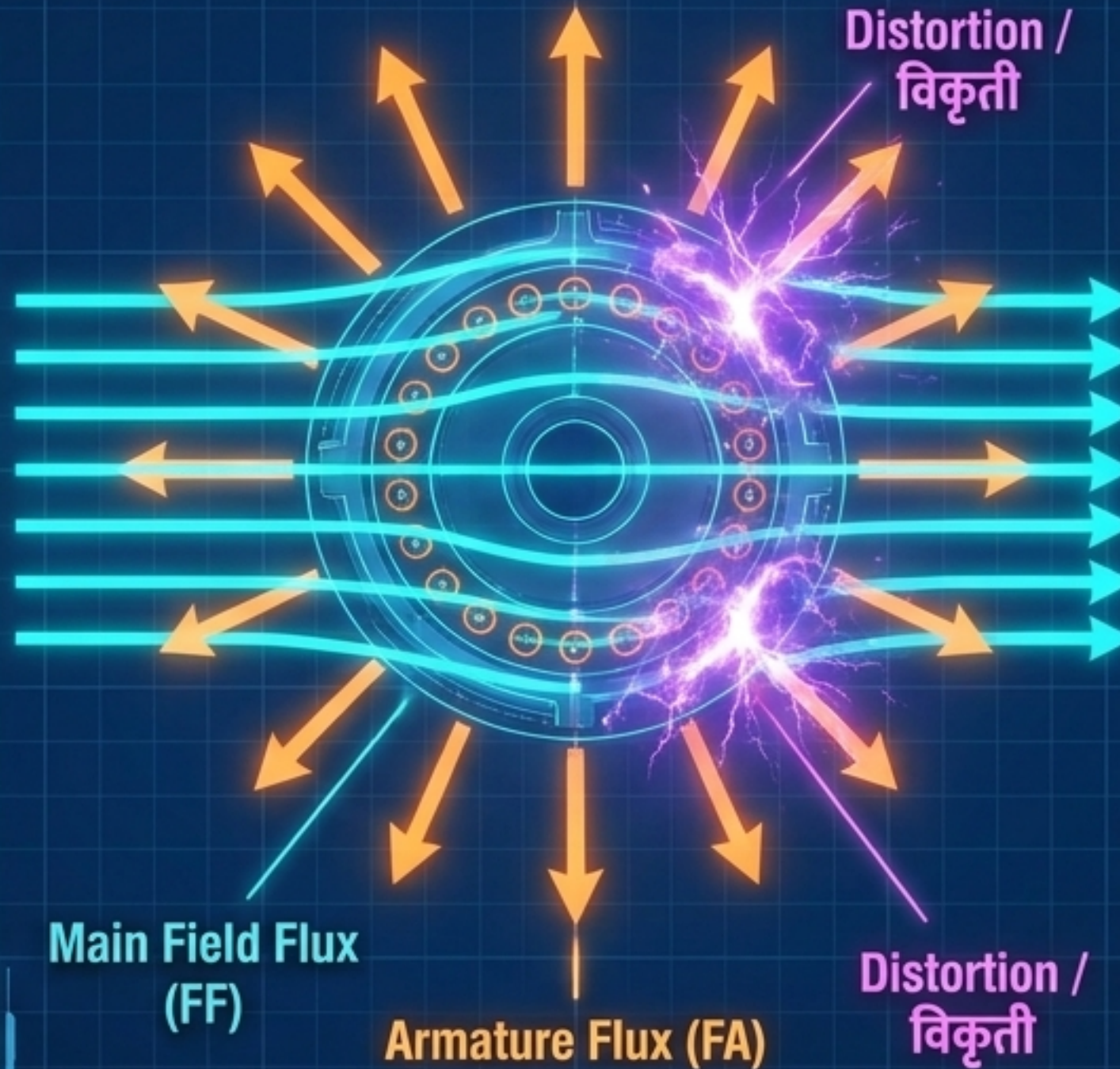
LOADED = TURBULENCE & SPARKS
भारित असताना (LOADED)



- जनरेटरवर भार (Loaded) टाकला जातो, तेव्हा आर्मेचर कंडक्टर्समधून विद्युतप्रवाह (Current) वाहू लागतो.
- पहिली समस्या: आर्मेचर प्रतिक्रिया (Armature Reaction) - जी मुख्य चुंबकीय क्षेत्राला विकृत करते.
- दुसरी समस्या: खडबडीत समावर्तन (Rough Commutation) - ज्यामुळे ब्रशेसजवळ (Brushes) स्पार्किंग होते.
- कुशल इलेक्ट्रिशियन म्हणून या दोन्ही समस्यांचे निदान करणे अत्यंत आवश्यक आहे.

What is Armature Reaction? / आर्मेचर प्रतिक्रिया म्हणजे काय?

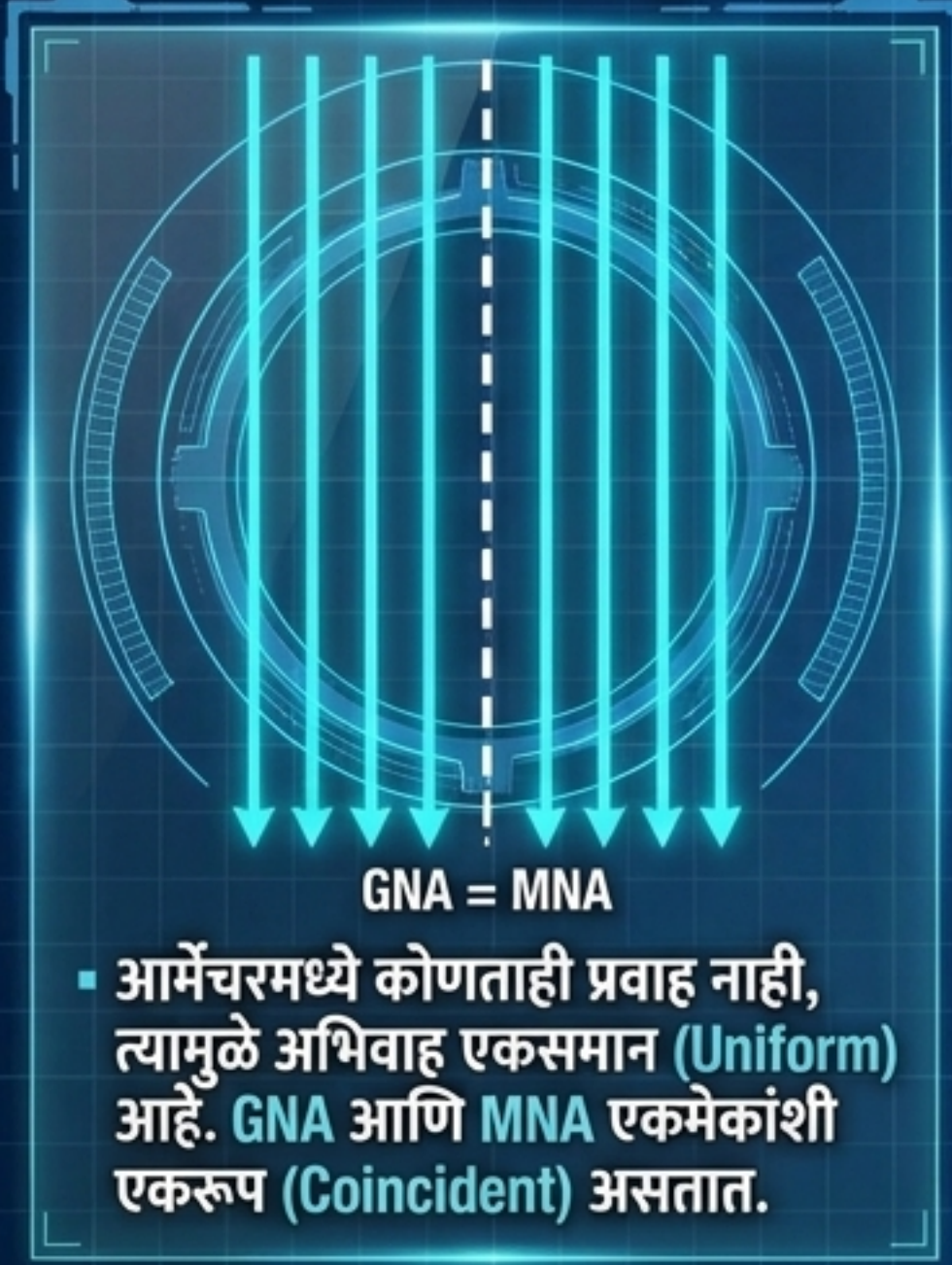
- जेव्हा आर्मेचर कंडक्टर्स (Armature conductors) भार करंट (Load current) वाहून नेतात, तेव्हा ते स्वतःचे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करतात.
- या आर्मेचर कंडक्टर्सद्वारे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय शक्तीला आर्मेचर एमएमएफ (Armature mmf) म्हणतात.
- या आर्मेचर कंडक्टर्सद्वारे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय शक्तीला आर्मेचर एमएमएफ (Armature mmf) म्हणतात.



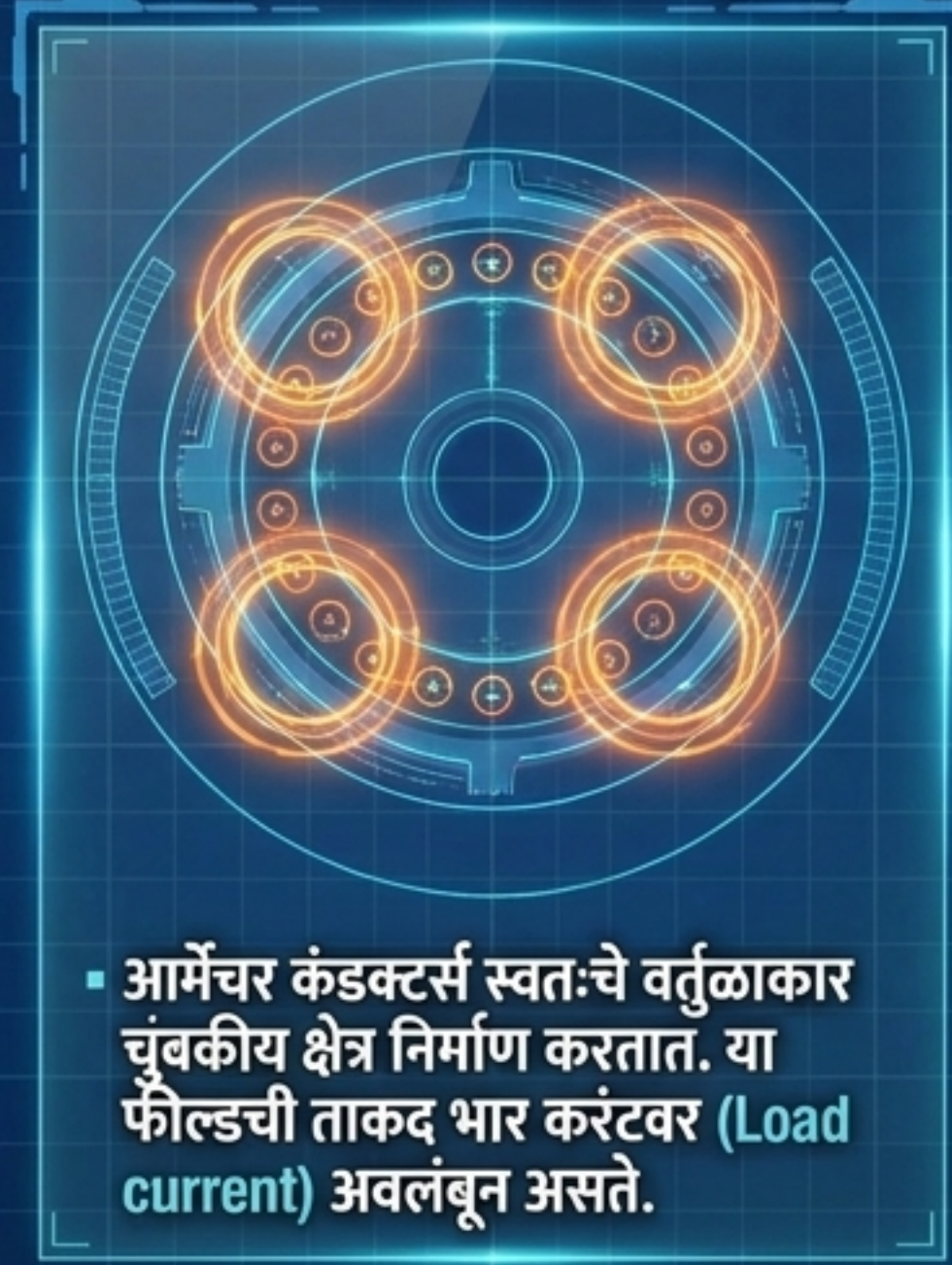
- हा नवीन आर्मेचर एमएमएफ (mmf) जनरेटरच्या मुख्य फील्ड अभिवाहाला (Main field flux) धडक देतो.
- या दोन चुंबकीय क्षेत्रांच्या (Magnetic fields) संवादामुळे मुख्य फील्ड अभिवाहाचे क्षेत्र विकृत (Distorted) होते.
- मुख्य अभिवाहात होणाऱ्या या हस्तक्षेपाला आणि विकृतीलाच “आर्मेचर प्रतिक्रिया” (Armature reaction) असे म्हणतात.
- या प्रतिक्रियेमुळे जनरेटरची कार्यक्षमता (Efficiency) आणि व्होल्टेज (Voltage) कमी होऊ शकते.

The Three Stages of Flux Distortion / अभिवाह विकृतीचे तीन टप्पे

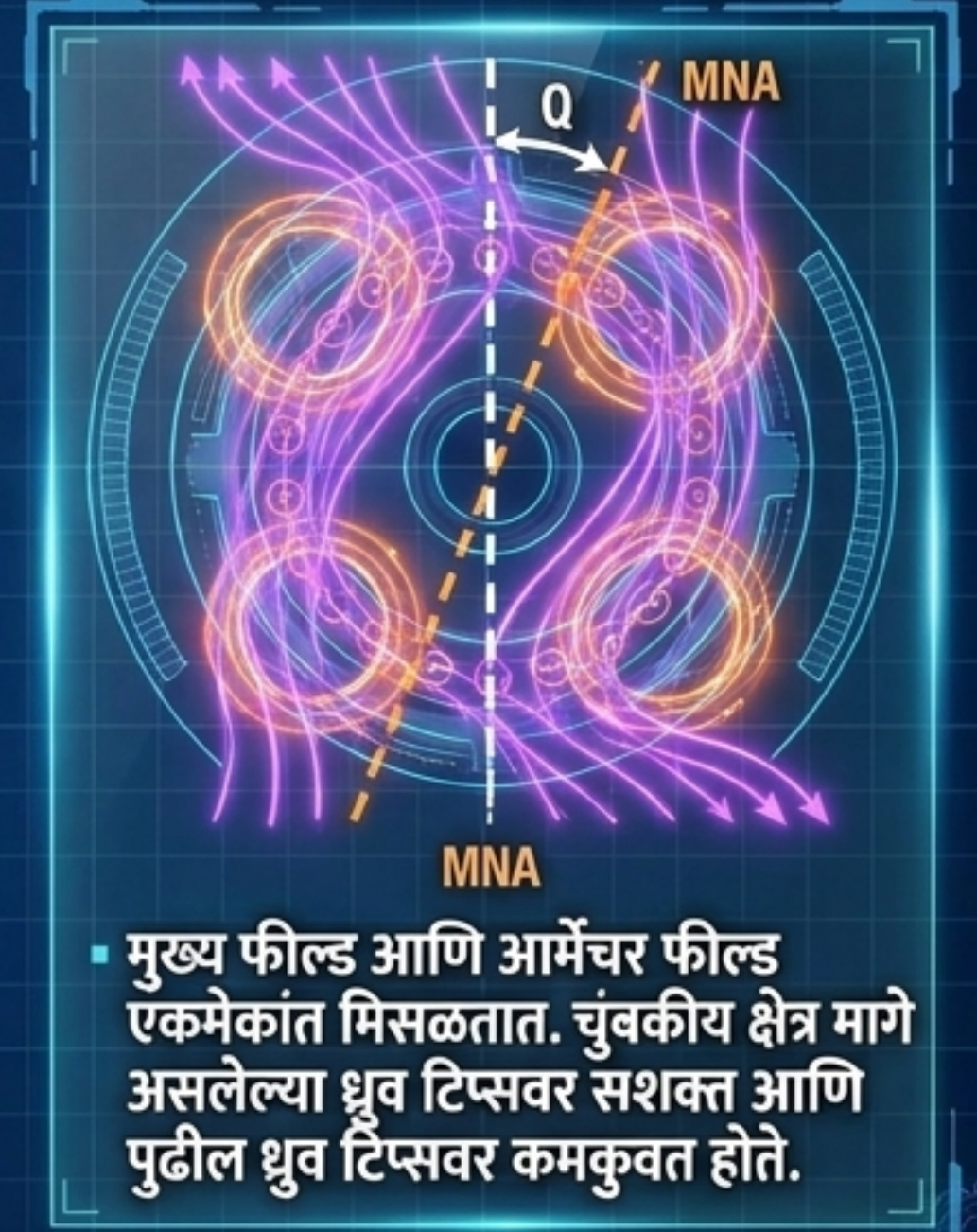
टप्पा १: केवळ मुख्य फील्ड (Main Field Only)



टप्पा २: केवळ आर्मेचर फील्ड (Armature Field Only)

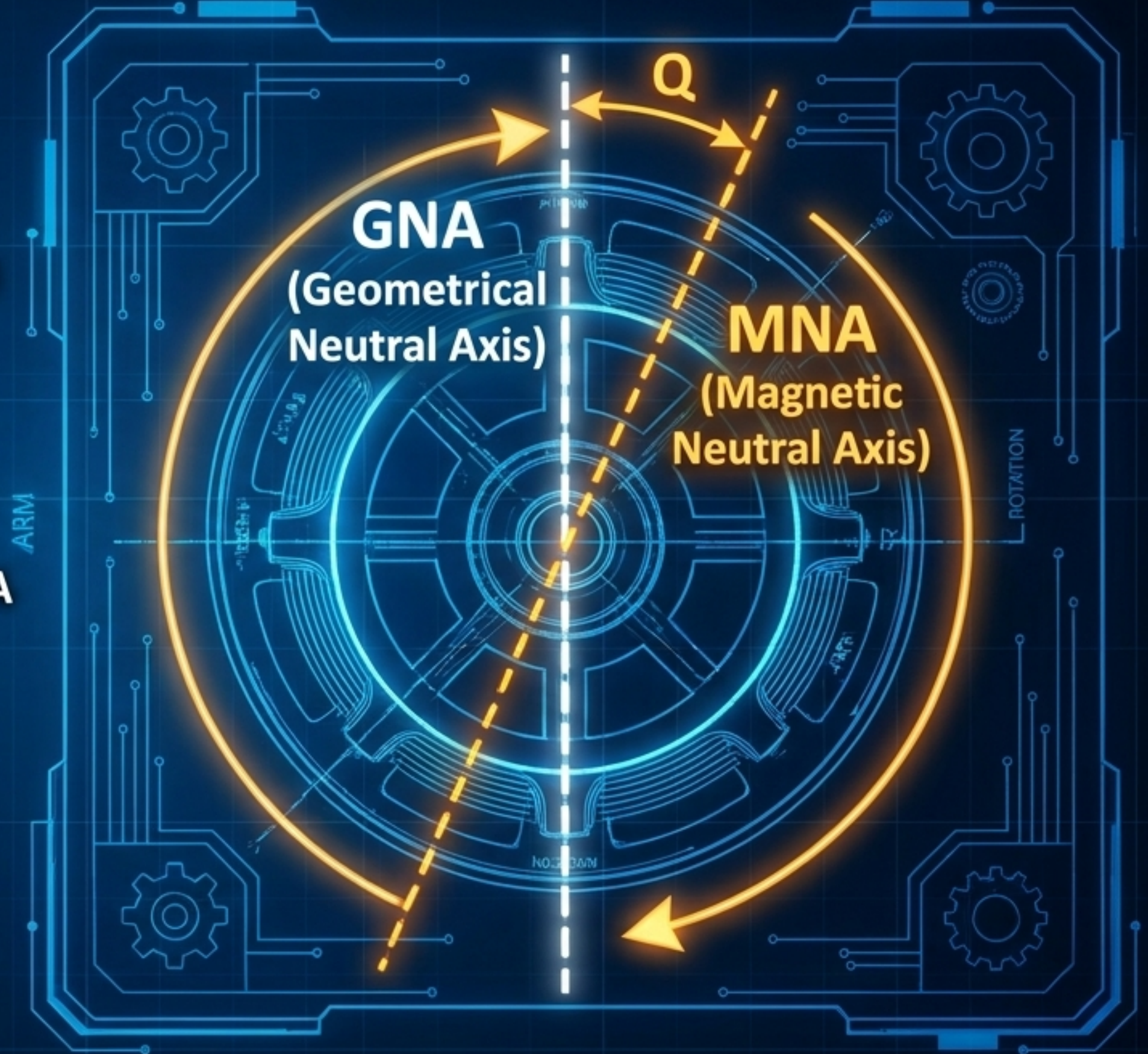


टप्पा ३: एकत्रित परिणाम (Combined Effect)



Cross-Magnetizing Effect & GNA vs MNA / क्रॉस-मॅग्नेटायझिंग प्रभाव आणि GNA/MNA

- आर्मेचर आणि मुख्य फील्डच्या एकत्रीकरणामुळे होणाऱ्या विकृतीला क्रॉस-मॅग्नेटायझिंग प्रभाव (Cross-magnetizing effect) म्हणतात.
- GNA (भौमितिक तटस्थ अक्ष): हा जनरेटरचा भौतिक केंद्रबिंदू आहे जो कधीही बदलत नाही.
- MNA (चुंबकीय तटस्थ अक्ष): हा परिणामी अभिवाहाच्या (Resultant flux) नेहमी काटकोनात (Right angle) असतो.
- जेव्हा चुंबकीय क्षेत्र विकृत होते, तेव्हा MNA मूळ GNA पासून दूर ढकलला जातो.
- MNA रोटेशनच्या दिशेने (Direction of rotation) काही कोनाने (Angle 'Q') विस्थापित (Shifted) होतो.
- या विस्थापनामुळे ब्रशेसवर स्पार्किंग (Sparking) सुरू होते, कारण ब्रशेस आता चुकीच्या अक्षावर असतात.

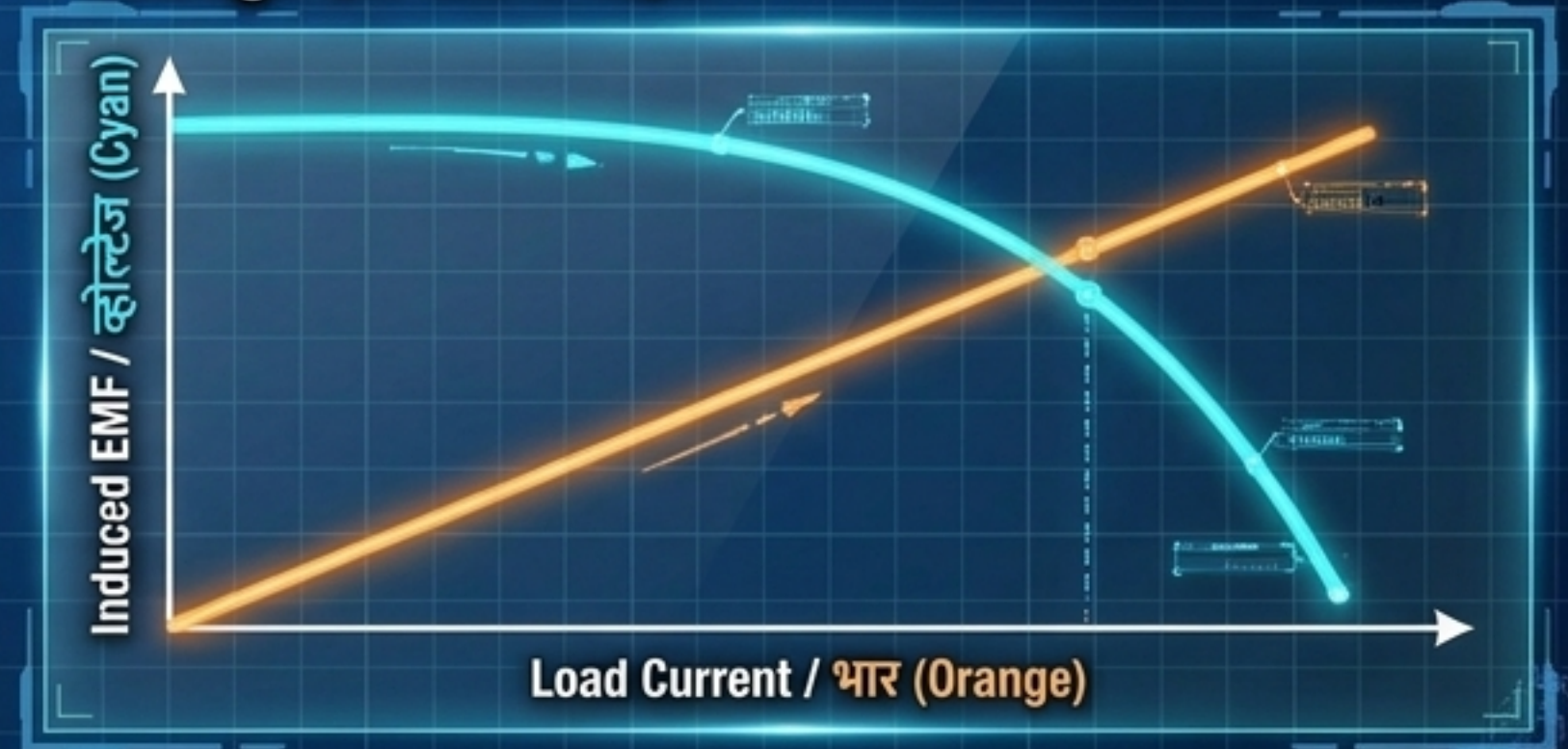


Demagnetizing Effect / विचुंबकीय प्रभाव

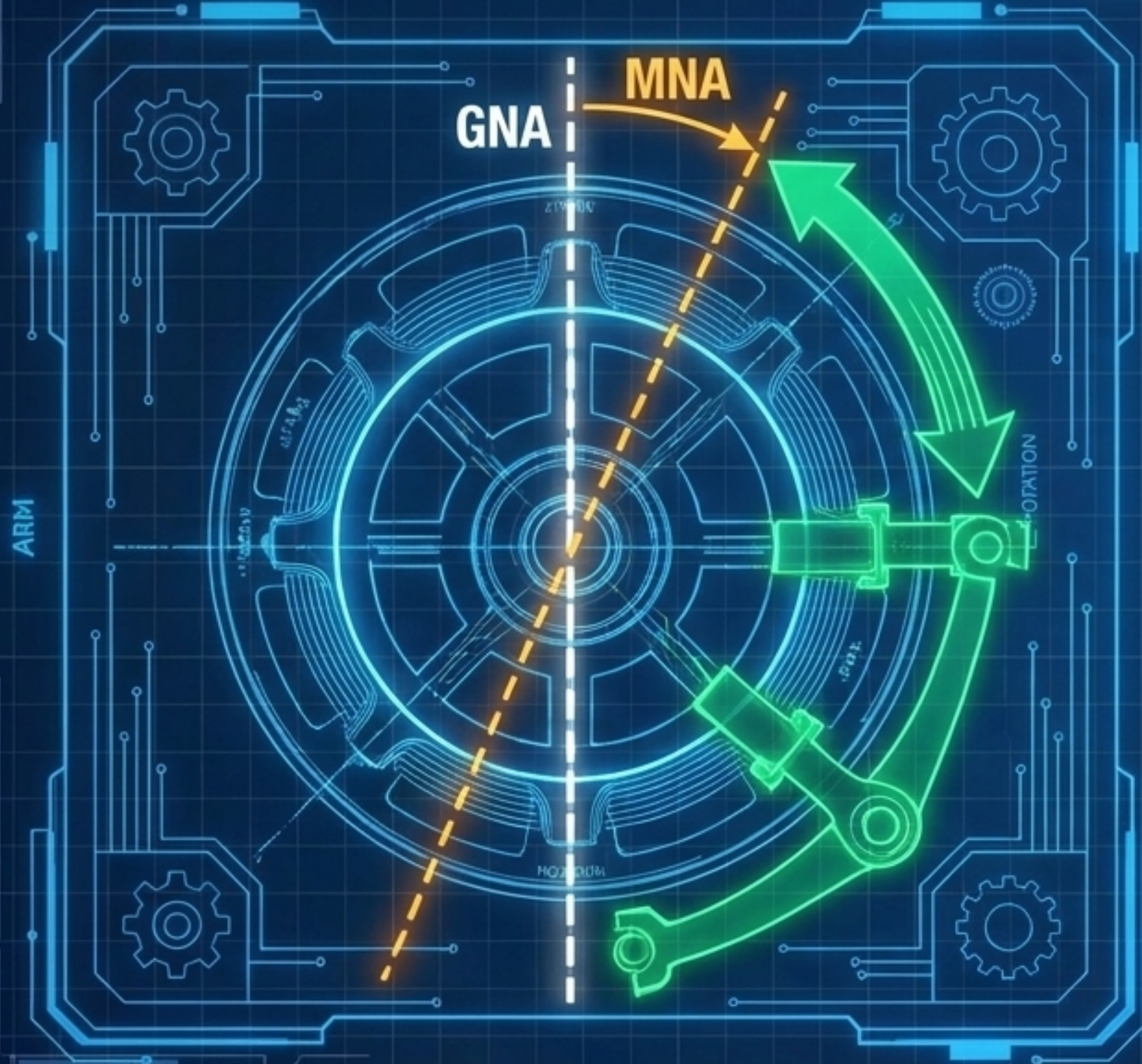


- जेव्हा जनरेटरवर अधिक भार (Loaded) टाकला जातो, तेव्हा आर्मेचर प्रतिक्रिया अधिक तीव्र होते.
- यामुळे चुंबकीय ध्रुवांचे टोक (Pole tips) पूर्णपणे संतृप्त (Saturated) होतात.

- संतृप्त अवस्थेमुळे, मुख्य फील्ड अभिवाह (Main field flux) कमकुवत होऊ लागतो.
- या मुख्य अभिवाह कमी होण्याच्या प्रक्रियेला **विचुंबकीय प्रभाव (Demagnetising effect)** म्हणतात.
- चुंबकीय क्षेत्र कमकुवत झाल्यामुळे, जनरेटरमध्ये निर्माण होणारा प्रेरित ईएमएफ (Induced EMF / Voltage) लक्षणीयरीत्या कमी होतो.
- यामुळे जनरेटर त्याच्या निर्धारित क्षमतेनुसार (Rated capacity) आउटपुट देऊ शकत नाही.

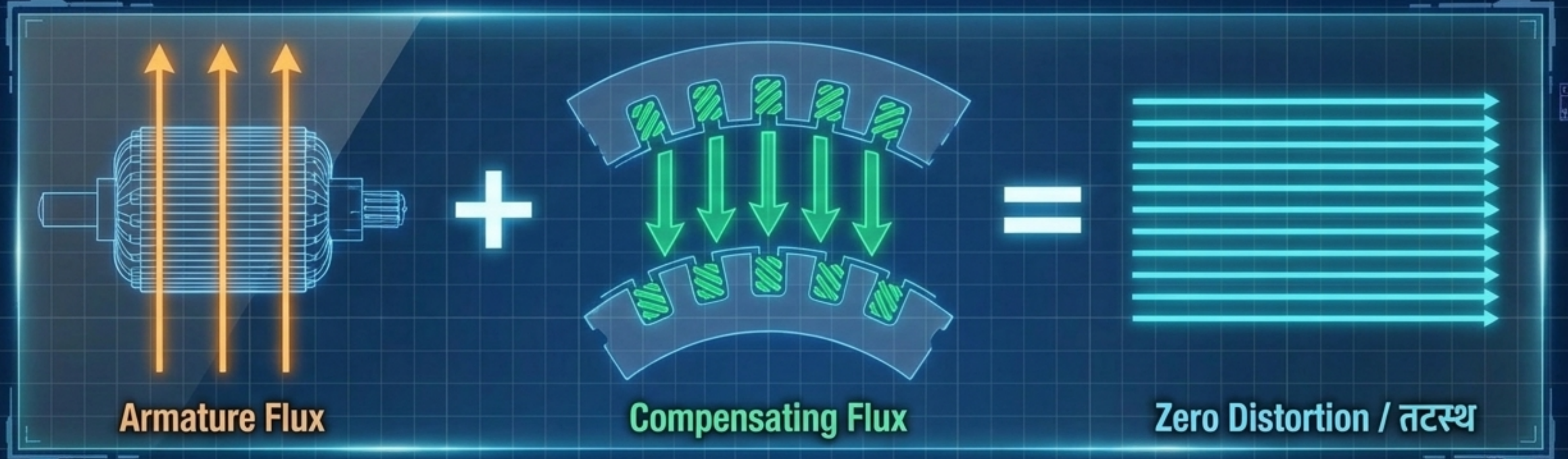


Practical Remedy 1: Brush Shifting / व्यावहारिक उपाय १: ब्रश शिफ्टिंग



- क्रॉस-मॅग्नेटायझेशनचा (Cross-magnetisation) प्रभाव तटस्थ (Neutralized) करण्यासाठी हा सर्वात सोपा व्यावहारिक उपाय आहे.
- ब्रशेसवा (Brushes) धरून ठेवणारा रॉकर आर्म (Rocker arm) भौतिकरित्या हलवला जातो.
- ब्रशेस मूळ GNA वरून विस्थापित झालेल्या नवीन MNA च्या रेषेत आणले जातात.
- हलवण्याचे प्रमाण (Amount of shifting) जनरेटरमधील आर्मेचर करंटच्या (Armature current) परिमाणावर अवलंबून असते.
- ब्रशेस नवीन MNA वर अचूक सेट केल्यावर स्पार्किंग (Sparking) थांबते किंवा किमान (Minimum) होते.
- या योग्य स्थितीत, जनरेटरचा प्रेरित ईएमएफ (Induced EMF) पुन्हा कमाल (Maximum) पातळीवर पोहोचतो.

Advanced Remedy 2: Compensating Windings / प्रगत उपाय २: क्षतिपूर्ती विंडिंग



- मोठ्या मशीनमध्ये (Large machines) जिथे भार सतत बदलत असतो (Fluctuating load), तिथे मॅन्युअल ब्रश शिफ्टिंग शक्य नसते.
- अशा मशीन्समध्ये विचुंबकीय प्रभाव (Demagnetizing effect) टाळण्यासाठी मुख्य ध्रुवांवर क्षतिपूर्ती विंडिंग (Compensating winding) बसवली जाते.
- या विंडिंगमधून आर्मेचरमधील विद्युतप्रवाहाच्या अगदी विरुद्ध दिशेने (Opposite direction) समान विद्युतप्रवाह (Equal current) वाहतो.
- त्यामुळे, ती स्वतःचा एक अभिवाह (Flux) निर्माण करते जो आर्मेचर अभिवाहाला पूर्णपणे नष्ट (Neutralize) करतो.
- यामुळे कोणत्याही भारावर (Load) मशीन स्थिर राहते आणि चुंबकीय क्षेत्र विकृत होत नाही.

What is Commutation? / समावर्तन म्हणजे काय?

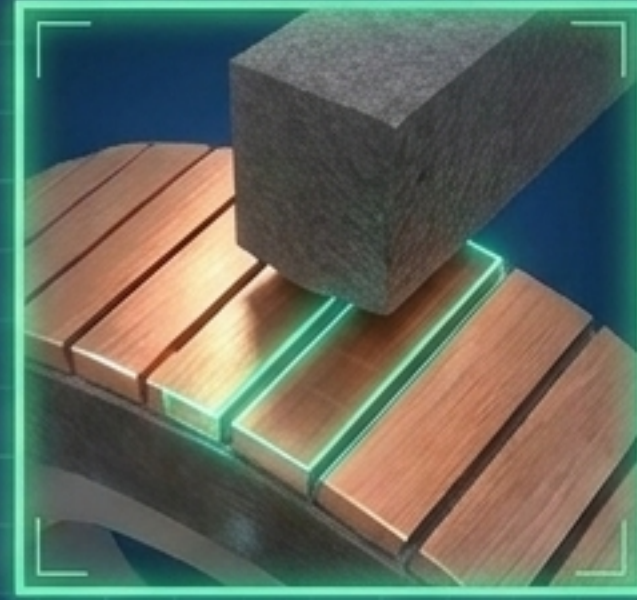
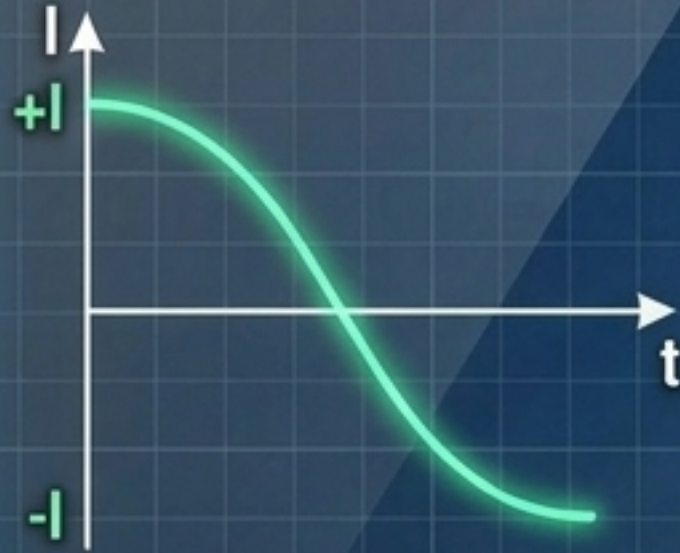
- जनरेटर भारित (Loaded) असताना विद्युतप्रवाह आर्मेचर, कम्युटेटर (Commutator) आणि ब्रशेस मधून बाह्य सर्किटमध्ये वाहतो.
- रोटेशन दरम्यान, एक ब्रश एकाच वेळी दोन कम्युटेटर विभागांना (Commutator segments) स्पर्श करतो.
- जेव्हा ब्रश दोन विभागांना जोडतो (Spans), तेव्हा त्याखालील विंडिंग घटक शॉर्ट-सर्किट (Short-circuited) होतो.
- या शॉर्ट-सर्किटच्या आधी, दरम्यान आणि नंतर कॉइलमधील विद्युतप्रवाहाची दिशा (Direction of current) बदलते.
- कॉइलमधील विद्युतप्रवाहाच्या दिशेत होणाऱ्या या पूर्ण बदलाच्या प्रक्रियेला समावर्तन (Commutation) असे म्हणतात.
- ही प्रक्रिया सेकंदाच्या एका लहान अंशात अत्यंत वेगाने घडते.





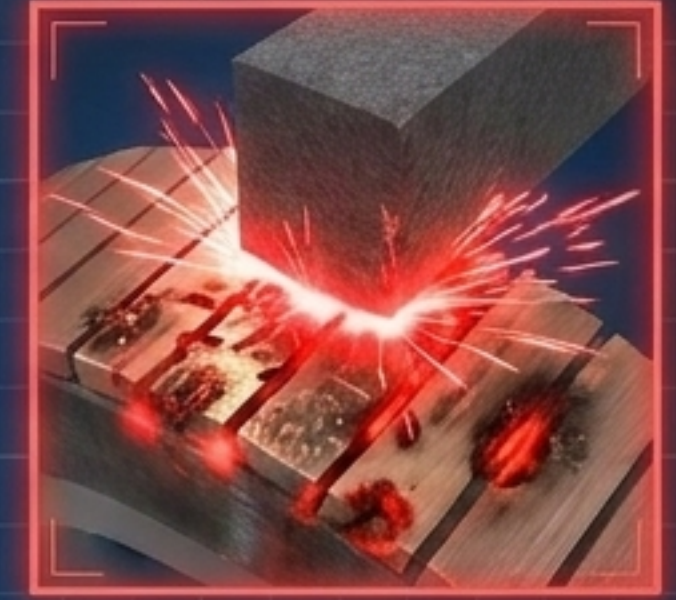
Smooth vs. Rough Commutation / गुळगुळीत विरुद्ध खडबडीत समावर्तन

गुळगुळीत समावर्तन (Smooth Commutation)



- शॉर्ट-सर्किट कालावधीत विद्युतप्रवाहाच्या दिशेतील बदल हळूहळू (Gradual) होतो.
- ब्रश कम्युटेटर सोडण्यापूर्वी प्रवाह पूर्णपणे उलट होतो, त्यामुळे कोणतेही स्पार्किंग होत नाही.

खडबडीत समावर्तन (Rough Commutation)

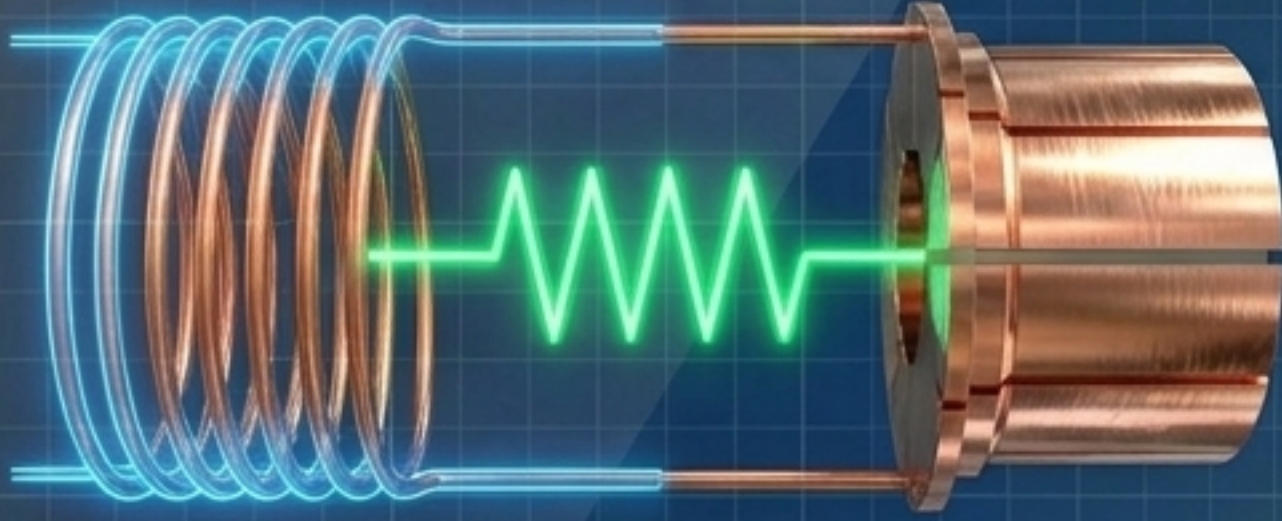


- विंडिंग घटकातील विद्युतप्रवाहात अचानक (Sudden) बदल होतो किंवा प्रवाह वेळेत बदलू शकत नाही.
- यामुळे स्थिरपणे प्रेरित ईएमएफ (Statically induced EMF) तयार होतो जो प्रवाहाच्या बदलास विरोध करतो.
- याचा परिणाम म्हणून ब्रशेसच्या बाजूंना जोरदार स्पार्किंग (Heavy sparking) होते.
- सतत स्पार्किंगमुळे अतिरिक्त उष्णता (Excess heat) निर्माण होते, ज्यामुळे ब्रशेस आणि कम्युटेटर कायमचे खराब (Damaged) होतात.

Basic Remedies: Resistance / मूलभूत उपाय: रेझिस्टन्स

- स्पाकिंग (Sparks) टाळण्यासाठी आणि गुळगुळीत समावर्तनासाठी (Smooth commutation) दोन मूलभूत पद्धती वापरल्या जातात:

१. रेझिस्टन्स वायर्स (Resistance Wires)



- कॉइलच्या (Coil) शेवटच्या कनेक्शनपासून कम्प्युटेटरपर्यंत विशिष्ट रेझिस्टन्स वायर्स जोडल्या जातात. हा वाढलेला रेझिस्टन्स विद्युतप्रवाहाला त्याची दिशा सुरळीतपणे बदलण्यास भाग पाडतो.

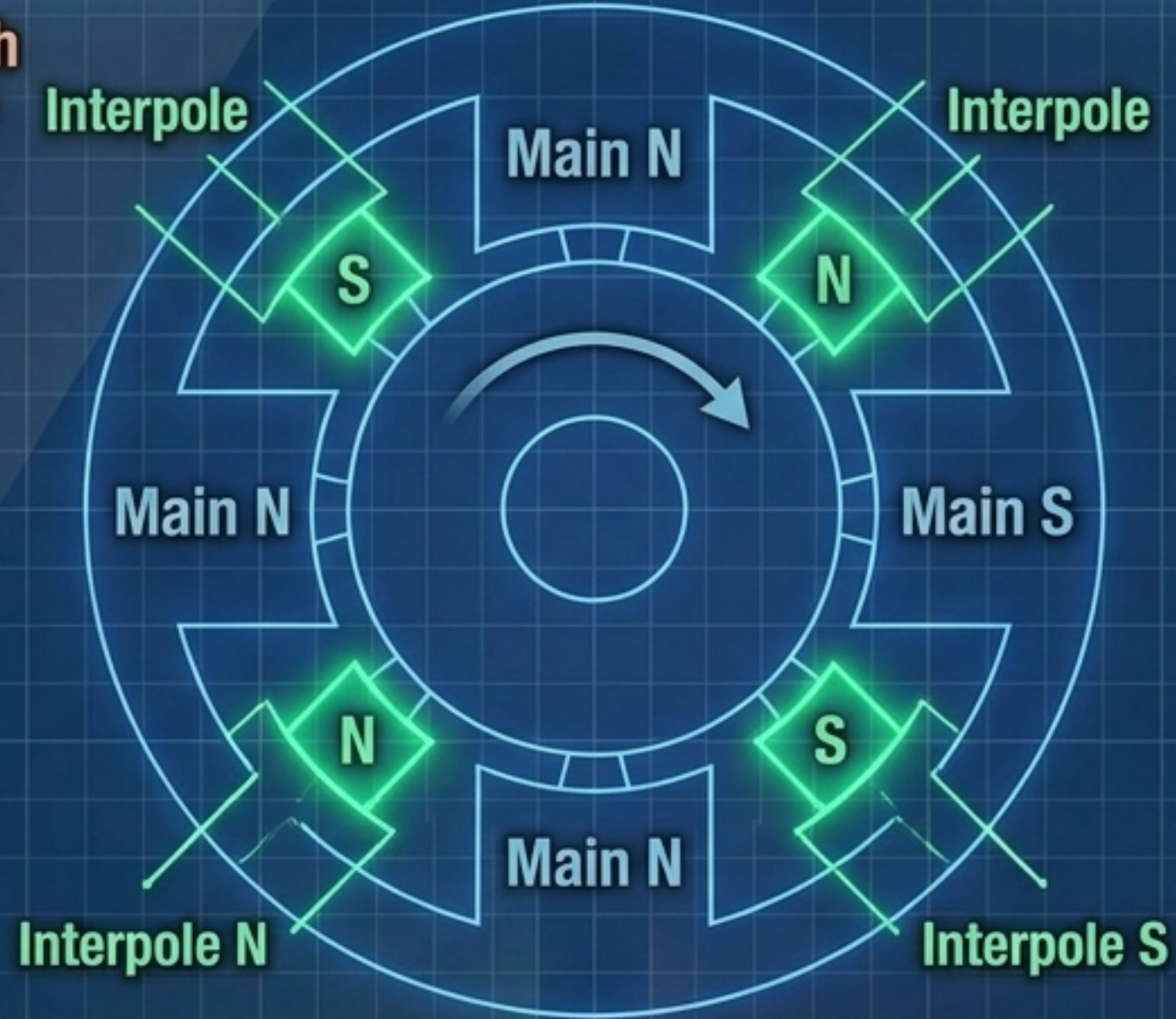
२. उच्च रेझिस्टन्स ब्रशेस (High Resistance Brushes)



- तांब्याच्या ब्रशेसऐवजी उच्च रेझिस्टन्स असलेले कार्बन ब्रशेस (Carbon brushes) वापरले जातात.
- जसजसा ब्रश कम्प्युटेटरवरून पुढे सरकतो, तसतसा संपर्क रेझिस्टन्स (Contact resistance) बदलतो.
- यामुळे स्थिरपणे प्रेरित ईएमएफ (Statically induced EMF) कमी होतो आणि स्पाकिंग थांबते.

Advanced Remedy: Interpoles / प्रगत उपाय: इंटरपोल्स

- खडबडीत समावर्तनावर (Rough commutation) कायमस्वरूपी उपाय म्हणून मशीनमध्ये इंटरपोल्स (Interpoles) बसवले जातात.
- मुख्य ध्रुवांच्या (Main poles) मध्ये हे छोटे फील्ड ध्रुव (Small field poles) प्रदान केले जातात.
- ध्रुवता (Polarity): जनरेटरच्या रोटेशनच्या दिशेने येणाऱ्या पुढील मुख्य ध्रुवासारखीच (Next pole ahead) इंटरपोलची ध्रुवता असते.



- कनेक्शन: इंटरपोल विंडिंग (Winding) आर्मेचरसह नेहमी सिरीजमध्ये (Series) जोडलेली असते.
- जाड गेज वायर (Thick gauge wire) आणि कमी आघूर्णनी (Less turns) ते गुंडाळलेले असतात, कारण ते संपूर्ण करंट (Load current) वाहून नेतात.
- हे इंटरपोल्स शॉर्ट-सर्किट कॉइलमध्ये विरुद्ध दिशेने ईएमएफ निर्माण करून स्पार्किंग (Sparking) पूर्णपणे नष्ट करतात.

Master Diagnostic Summary / मुख्य निदानात्मक सारांश

- जनरेटरच्या समस्यांचे जलद निदान करण्यासाठी हा सारांश (Summary) वापरा:



Symptom / समस्या	Invisible Cause / कारण	Practical Remedy / उपाय
1 प्रेरित ईएमएफ (Voltage) मध्ये मोठी घट.	आर्मेचर प्रतिक्रियेचा विचुंबकीय प्रभाव (Demagnetizing effect).	मोठ्या मशीन्ससाठी ध्रुवांवर क्षतिपूर्ती विंडिंग (Compensating Windings) वापरणे.
2 स्थिर भारावर ब्रशेसवर स्पाकिंग (Sparking at steady load).	MNA विस्थापनामुळे क्रॉस-मॅग्नेटायझेशन (Cross-magnetization).	जनरेटर बंद करून रॉकर आर्म (Rocker arm) फिरवून ब्रशेस नवीन MNA वर हलवणे.
3 भारी भाराखाली कम्युटेटरवर जोरदार स्पाकिंग (Heavy sparking under load).	खडबडीत समावर्तन (Rough commutation).	उच्च रेझिस्टन्स कार्बन ब्रशेस (Carbon brushes) किंवा इंटरपोल्स (Interpoles) बसवणे.

Assessment & Practice / मूल्यमापन आणि सराव



चर्चेसाठी प्रश्न (Discussion Questions)

- १. आदर्श जनरेटर आणि भारित (Loaded) जनरेटरच्या चुंबकीय क्षेत्रात काय फरक असतो?
- २. GNA आणि MNA मधील मुख्य फरक काय आहे आणि MNA का विस्थापित होतो?
- ३. रॉकर आर्मच्या (Rocker arm) मदतीने ब्रशेस हलवण्याचे मुख्य कारण काय आहे?
- ४. कार्बन ब्रशेसचा (Carbon brushes) वापर केल्याने खडबडीत समावर्तन कसे कमी होते?



सराव परिस्थिती (Practice Scenarios)

- १. एका मोठ्या डीसी जनरेटरवर वारंवार भाराचे चढ-उतार होत आहेत, तुम्ही स्पार्किंग टाळण्यासाठी कोणता कायमस्वरूपी उपाय सुचवाल?
- २. जर इंटरपोल्सची (Interpoles) चुकीची ध्रुवता जोडली गेली, तर समावर्तनावर काय परिणाम होईल?