

# Pulsmagnetiserare

## Sammanfattning

På LTH utvecklas en maskin för att magnetisera permanentmagneter. Idén med maskinen är att endast magnetisera små delar av magneten i taget. Detta för att kunna skapa en magnet där flödet varierar godtyckligt utmed magneten. Denna artikel handlar om maskinens funktion i dagsläget samt de senaste experimentella utvärderingarna.

## Bakgrund

Idag talas det överallt om att spara energi och det pågår en övergång från fossila bränslen till förnybara energikällor. En sedan långt tidigare använd energiform som blir allt mer aktuell är elektrisk energi. Elektrisk energi omvandlas till mekanisk energi med hjälp av elmotorer. Det finns olika typer av elmotorer och en av de mest effektiva typerna använder sig av permanentmagneter.

Effektiva elmotorer av denna typ ställer höga krav på magneterna. För att erhålla minimala förluster så krävs det att man har perfekt kontroll på det magnetiska flödet från magneterna. Detta är idag inte möjligt då flödet byggs upp av flödet från flera diskreta magneter som dessutom i sig har en osäkerhet i flödet. Dessa magneter är oftast magnetiserade med syftet att få ett jämt flöde genom hela magneten.

En magnet som hade varit mycket bättre för denna applikation består av ett stycke magnetiskt material där flödet varierar godtyckligt utmed magneten. Dessutom ska flödet ha en mycket liten osäkerhet. LTH bedriver idag ett forskningsprojekt där möjligheten att producera sådana här magneter undersöks.

## Tillvägagångssätt

Grundtanken är att endast magnetisera ett litet stycke av magneten åt gången. På samma sätt så mäts det resulterande flödet endast på en liten bit av magneten i taget. Mätningen används sedan för att skapa en sluten reglerslinga. Magnetiseringsresultatet och den önskade magnetiseringen jämförs för att bestämma en lämplig magnetiseringsstyrka som sedan appliceras på detta stycke av magneten. Tanken är att detta ska upprepas till dess att den önskade magnetiseringen uppnåtts.



*Pulsmagnetiseringsmaskin*

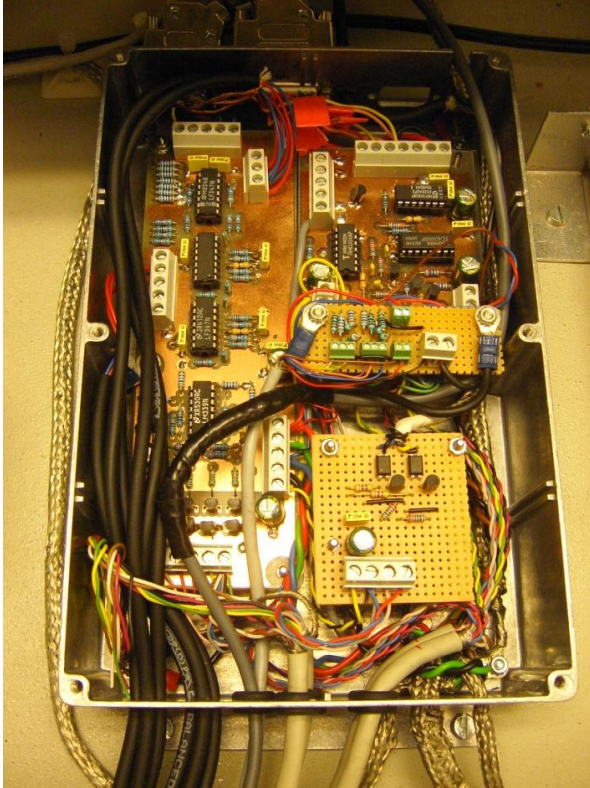
Maskinen som syns på bilden är det första steget i arbetet med att undersöka denna nya metod för att tillverka bättre magneter. Den magnetiserande delen kallas magnetiseringshuvud och består i huvudsak av två elektromagneter placerade på ett ok. Oket har ett luftgap vari det som ska magnetiseras placeras. Under utvecklingen av denna prototyp används ett magnetband som formats till en cirkel som provobjekt. För att kunna magnetisera olika delar av bandet kan detta roteras av en motor.

För att få ett kraftfullt och väl kontrollerat magnetiskt fält i luftgapet så koncentreras det magnetiska flödet med så kallade fokuserings-

linser. Dessa linser bygger på att det skapas virvelströmmar när det magnetiska flödet försöker ta en annan väg än den som önskas. Virvelströmmarna skapar ett motsatt magnetiskt fält som hindrar magnetfältet från att ta annat än den önskade vägen. Virvelströmmarnas storlek och därmed linsernas effektivitet ökar med flödesändringens storlek. Detta innebär att det är önskvärt att ha bra kontroll på flödet. Med dålig kontroll på flödet kommer linserna att läcka magnetiskt flöde vid magnetiseringen och då tappar man noggrannhet i denna.

Det magnetiska flödet genom linserna beror på strömmen som drivs genom elektromagneterna. Magnetiseringsresultatet är alltså beroende på hur bra strömmen regleras. Dessutom är det önskvärt att kunna styra strömmens utseende som funktion av tiden godtyckligt. Strömmens utseende skall till exempel kunna väljas till en halvperiod av sinusvåg eller triangelvåg.

Arbetet har omfattat att bygga ett nytt styrsystem vilket delar av syns nedan.



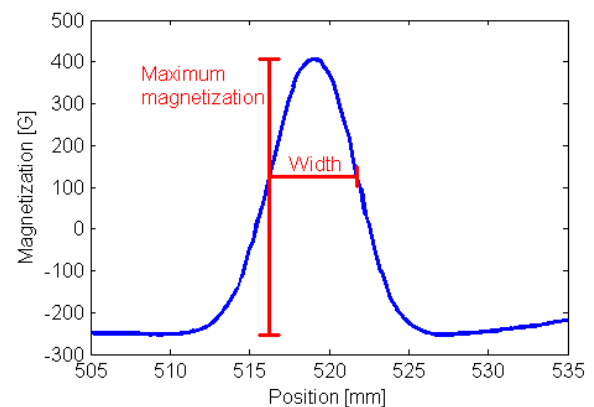
*Delar av den nya styrelektroniken*

I takt med att bättre fokuseringslinser har tagits fram har det blivit klart att bättre reglering av magnetiseringsströmmen behövs. Det är här som den senaste delen i arbetet tagit vid.

För att ha kontroll över strömmens rippel och därmed magnetiseringsresultatets noggrannhet används en så kallad toleransbandsstyrning för att styra kraftelektroniken. Styrningen jämför strömmens storlek med två toleransnivåer inom vilka man tillåter strömmen att befinna sig. Går strömmen utanför dessa nivåer vidtar strömstyrningen en åtgärd för att korrigera strömmen.

## Experimentell utvärdering

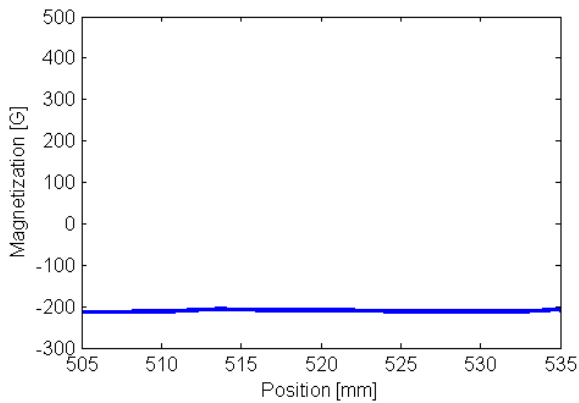
Med nya fokuseringslinser och nytt styrsystem till kraftelektroniken började prestandan hos maskinen att undersökas. Testerna gick ut på att undersöka vilken upplösning som kunde uppnås. Detta genomfördes genom att begära en magnetiseringspuls på ett ställe av magnetbandet. Resultatet på magnetbandet mättes sedan i området där pulsen ägt rum, datan analyserades för att få fram ett värde på magnetiseringens bredd samt maximala styrka. Resultatet av en sådan mätning syns här nedan.



### *Resultatet av en magnetiseringspuls*

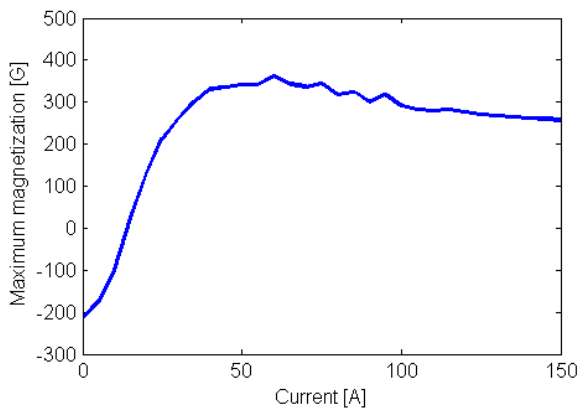
Denna process upprepas genom att flera pulser med olika inställningar på strömpulsen görs på magnetbandet, dock så att pulserna inte stör varandra. De inställningar som varierats har varit pulsens utseende, styrka och varaktighet.

Det bör nämnas att man mellan proverna jämnar ut magnetiseringen på bandet och återställer den till en definierad nivå genom att magnetisera det åt andra hållet, se bilden nedan.



### Magnetiseringen efter en återställning

Alla pulserna mäts och analyseras. Resultatet från flera strömpulser kan sammanställas som funktion av strömpulsens inställningar. Varieras till exempel dess styrka kommer man att få en kurva som ser ut såhär.

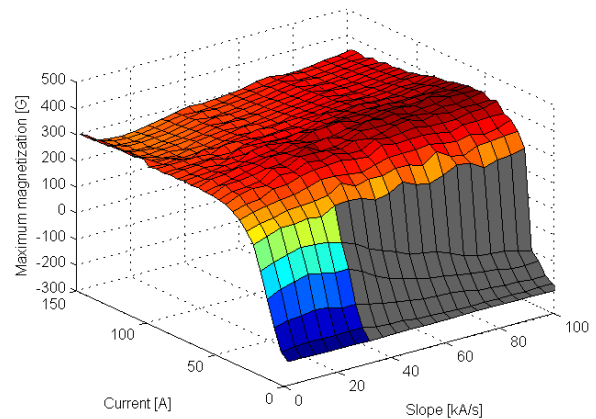


### Magnetiseringsstyrka som funktion av magnetiseringsströmmen

Vid noll ström kan den magnetisering som bandet har efter en återställning observeras. Det syns tydligt att den maximala magnetiseringen beror av magnetiseringsströmmen upp till cirka 40 A, därefter mättas magnetbandet.

Varieras man istället två inställningar på strömpulsen så kan man sammanställa resultatet som en yta. Två av axlarna visar strömpulsens inställningar och en axel representerar den

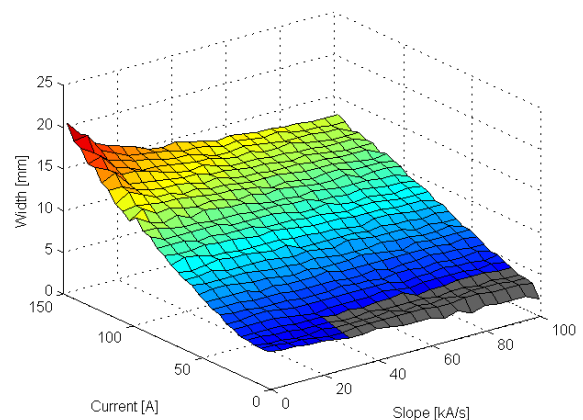
analyserade storheten. Nedan syns ett exempel.



### Magnetiseringsstyrka som funktion av magnetiseringsströmmen och dess derivata

Här syns den maximala magnetiseringen på den lodräta axeln som funktion av magnetiseringsströmmen och dess tidsderivata. Det finns vissa kombinationer av strömstorlekar och strömderivator som strömstyrningen inte klarar av att leverera. Magnetiseringsdatan för dessa punkter är gråfärgad i bilden.

Hur strömmens derivata påverkar den maximala magnetiseringen syns inte lika självklart. Tittar man däremot på samma yta fast med magnetiseringens bredd istället för dess styrka så ser man att högre derivata ger smalare magnetiseringsbredd, se bilden nedan.



### Magnetiseringens bredd som funktion av magnetiseringsströmmen och dess derivata

Att högre flödesderivata på strömmen ger smalare magnetiseringsbredd beror som sagt på att linsernas effektivitet ökar.

## Slutsats

Materialet som dessa prover utfördes på har hög resistivitet, det vill säga det kommer inte att bildas några signifikanta virvelströmmar under magnetisering. Ska ett material med låg resistivitet magnetiseras kommer stora flödesderivator att resultera i virvelströmmar som motverkar magnetiseringen. I dessa fall lär flödesderivatan bli en kompromiss mellan magnetiserbarhet och magnetisk utbredning. Maskinen som den ser ut idag är mycket lämplig för att undersöka denna kompromiss.

Jon Axelsson  
Per Söderberg

## Referenser

- [1] Joseph J. Stupak Jr. "Methods magnetizing permanent magnets" Oersted Technology corporation. pp. 1 - 8, October 2000.
- [2] Mats Alaküla and Per Karlsson, "Power Electronics – Devices, Converters, Control and Applications", Lund University, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, pp. 33 – 106.