



ISOTRON

OUR HEART BEATS AUTOMATION

**Elektriciteit als energiedrager voor
industriële verwarmingsprocessen**

In Nederland is aardgas decennia lang de energiedrager voor de industrie geweest. En daarmee de branderautomaat het instrument om de energiestroom in de juiste banen te leiden. Maar er is een verandering gaande met verstrekkende gevolgen voor de gebruikers en haar toeleveranciers.

Neem het simpele voorbeeld van de frituur die zijn gasgestookte frituurketels vervangt door elektrisch verwarmde ketels. Een viertal ketels vragen al snel een vermogen van 70kW, veel meer dan dat de standaard aansluiting van het pand (35A / 230V enkele fase) kan leveren. De toevoer en meterkast moeten dus ingrijpend worden aangepast voordat de nieuwe bakketels überhaupt in gebruik genomen kunnen worden.

Op industriële schaal stelt 70kW niet veel voor. Daar wordt serieus nagedacht over het toepassen van ettelijke megawatts aan elektrisch vermogen voor verwarming van processen of ovens. Buiten de infrastructurele vraag over de opwekking en het transport van al die energie, spelen de vragen hoe de energie efficiënt om te zetten is in warmte en hoe de temperatuur van het proces in de hand te houden is?

Elektrisch verwarmen kent vele voordelen:

Hoge efficiency, rendement zit gemiddeld rond 98%

- Regelbaarheid, exact de juiste temperatuur op de gewenste plek
- Herhaalbaarheid van temperatuurverloop bij batchprocessen
- Hoge temperatuur stabiliteit ($\pm 1^\circ\text{C}$)
- Hoge temperatuur uniformiteit (tot $\pm 0,1^\circ\text{C}$)

De nadelen beperken zich tot:

- Beperking in vermogensdensiteit, waardoor de verwarmingselementen meer ruimte innemen dan gasbranders
- Ontbreken van de infrastructuur bij grote vermogens (> 500kW)

Voor het omzetten van de elektrische energie in warmte kan je kiezen uit verwarmingselementen, lichtbronnen (UV / Infrarood), inductoren of de elektrische weerstand van het te verwarmen medium.

Bij het omschakelen van gas- naar elektrische verwarming zullen UV en Infrarood verwarming al snel af vallen. Gebruikmaken van de elektrische weerstand van het te verwarmen medium wordt maar in enkele industriële processen toegepast; b.v. in de glasindustrie. En daarom zal de keuze meestal in het voordeel van verwarmingselementen uitvallen.

Bij de keuze van het juiste verwarmingselement moet rekening gehouden worden met:

- Het benodigde netto vermogen
- De procesvereisten, maximale temperatuur, opwarm- en afkoelsnelheden
- De beschikbare ruimte voor verwarmingselement en isolatie
- De atmosfeer, lucht, vacuüm of procesgas
- Industriële en/of wettelijke reguleringen (CE/UL/CCC, ATEX etc.)

Voor temperaturen tot 900°C bestaan er vele soorten buis-, band-, flexibele- en patroonelementen. . Boven de 900°C staan elementen van FeCrAl, NiCr (1.400°C), Silicium Carbide SiC (1.625°C) of Molybdeen-di-Silicide MoSi₂ (1.850°C) ter beschikking.

Bij de aansturing van een elektrische verwarming spelen andere zaken dan bij gasverwarming. In de basis blijft het een temperatuurregeling waarbij de temperatuur gemeten wordt met een thermoelement (TC of PT100) en een PID-regelaar de verwarming aanstuurt. Wat wel verandert is het regelement; bij gas de branderautomaat bij elektrisch de thyristorunit. Van gas en luchtflow regeling naar spanning en stroomregeling.

Daardoor zijn er andere aandachtspunten, zoals het beheersen van het piekvermogen, het voorkomen van blindvermogen en het voorkomen van harmonische vervuiling die een negatieve invloed hebben op de energiekosten.

In zijn algemeenheid is de regelkring voor elektrische verwarming eenvoudiger dan die voor gasverwarming. Ook de veiligheidsregels rondom gasverwarming zijn complexer dan die bij elektrische verwarming.

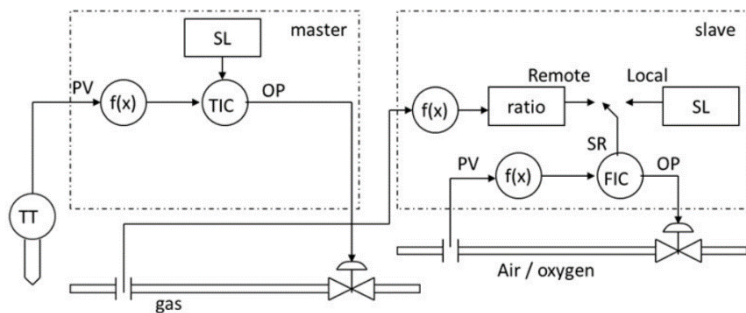


Fig. 1 Typische gasregelkring

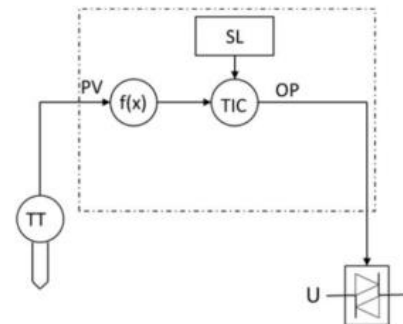


Fig. 2 Typische elektrische regelkring

Een thyristorunit is eigenlijk niet meer dan een intelligente schakelaar. Met de firing mode wordt bepaald op welke momenten de schakelaar stroom doorlaat. In hoofdlijnen zijn er drie firing modes, ieder met zijn voor- en nadelen.

Logic firing, thyristor of solid state relay (ssr) gaat geleiden wanneer er een spanning op de sturingang wordt aangeboden. Logic firing heeft het voordeel van EMC reductie en er is geen sprake van blindvermogen, maar het geeft een relatief langzame regeling

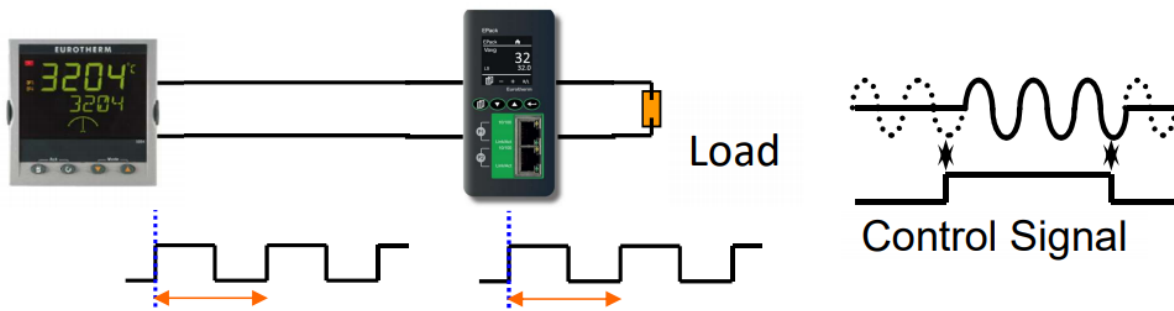


Fig. 3 Logic firing

Burst firing, op basis van een analog signaal worden er 0 tot 100% van een aantal sinussen doorgelaten naar het verwarmingselement. Ook burst firing heeft de voordelen van logic firing, bovendien wordt er geen harmonische vervuiling gegenereerd omdat er in alle gevallen sprake is van een nul-doorgangschakeling. De temperatuurregeling is sneller en stabiel. Wel kan er knippereffect optreden bij een zwakker net.

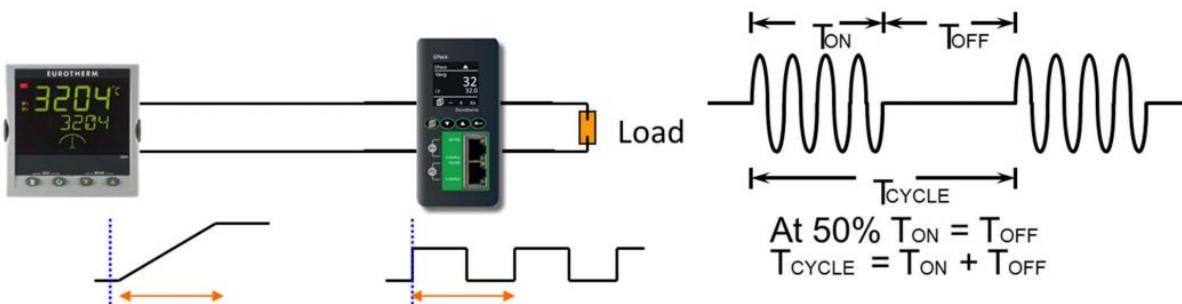


Fig. 4 Burst firing

Phase angle, ofwel fase aansnijding op basis van een analog signaal wordt bepaald hoeveel procent van iedere sinus er doorgelaten wordt. Fase aansnijding mag dan de perfecte regeling geven en voor alle type belastingen te gebruiken zijn, maar daartegenover staan grote nadelen, zo wordt er netvervuiling door hogere harmonische gecreëerd en lopen de energiekosten op door het gegenereerde blindvermogen.

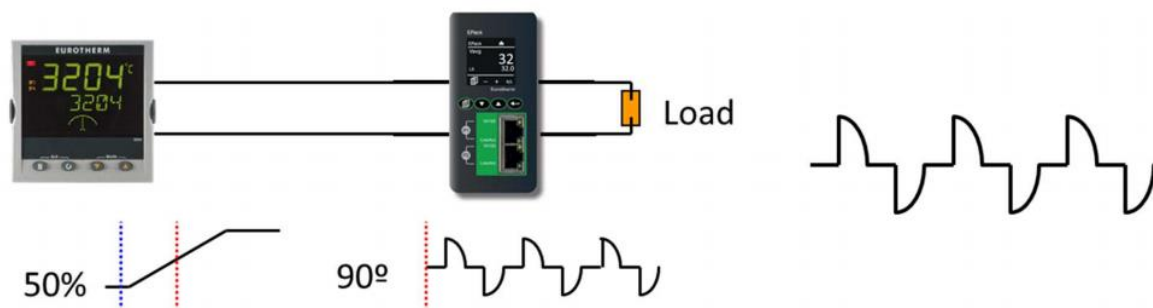


Fig. 5 Fase aansnijding

Burst firing is de meest populaire aansturing omdat deze de meeste voordelen en de minste nadelen kent. Fase aansnijding moet zo veel mogelijk vermeden worden.

Bij de keuze van de thyristorunit moet terdege rekening gehouden worden met de eigenschappen van de belasting. Die bepalen bijvoorbeeld of een thyristorunit met spanning- of stroomlimitering nodig is. Het makkelijkst aan te sturen zijn elementen met een constante weerstand. Spanning erop en het element geeft door de tijd constant dezelfde warmte af. Anders wordt het bij elementen met een variabele weerstand. Bijvoorbeeld wanneer de weerstand een functie van de temperatuur of een functie van de tijd is. Hier moet de thyristorunit spanning- en/of stroomlimitering hebben. Wanneer het element via een transformator gekoppeld is gelden er weer andere eisen zoals b.v. 90 graden delayed firing, fase aansnijding of soft start burst firing. Bij driefase elementen is altijd de vraag hoe staan de elementen geschakeld; in ster? Met of zonder nul? In gesloten driehoek of open delta. Bij ster zonder nul of gesloten driehoek en burst firing kan de spaarschakeling toegepast worden waarbij maar in tweefase een powerpack nodig is in plaats van in alle drie de fases. Dat scheelt al snel 25% in de kosten van de thyristorunit. Bovendien is er minder kastruimte nodig om de unit in te bouwen.

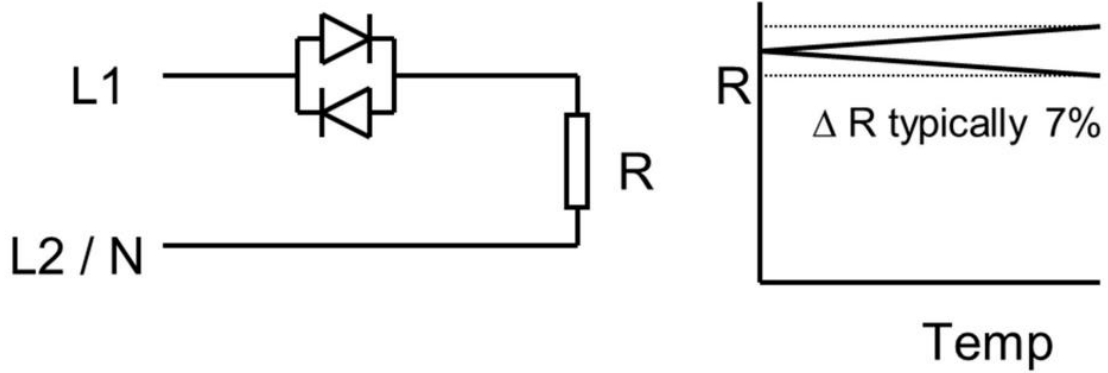


Fig. 6 Aansturing van een element met constante weerstand

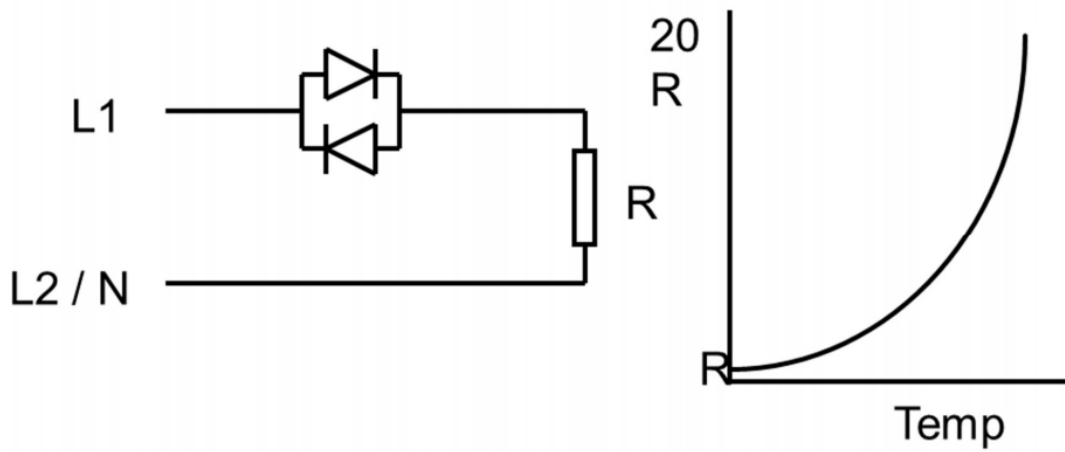


Fig. 7 Aansturing van een element met variabele weerstand, positieve temperatuurcoëfficiënt b.v. MoSi₂

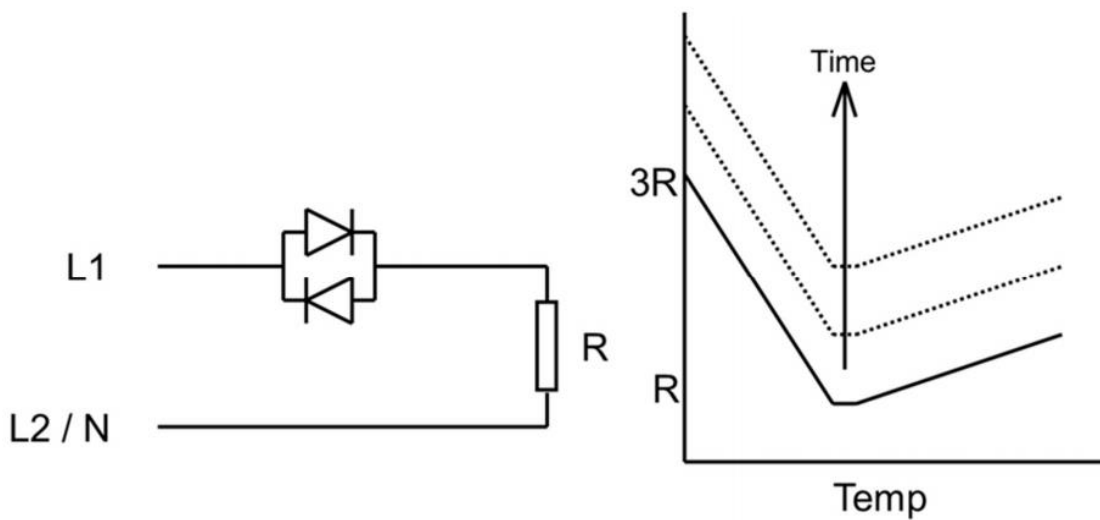


Fig. 8 Aansturing van een element met variabele weerstand waarbij de weerstand ook nog in de tijd toeneemt b.v. SiC Silicium Carbide

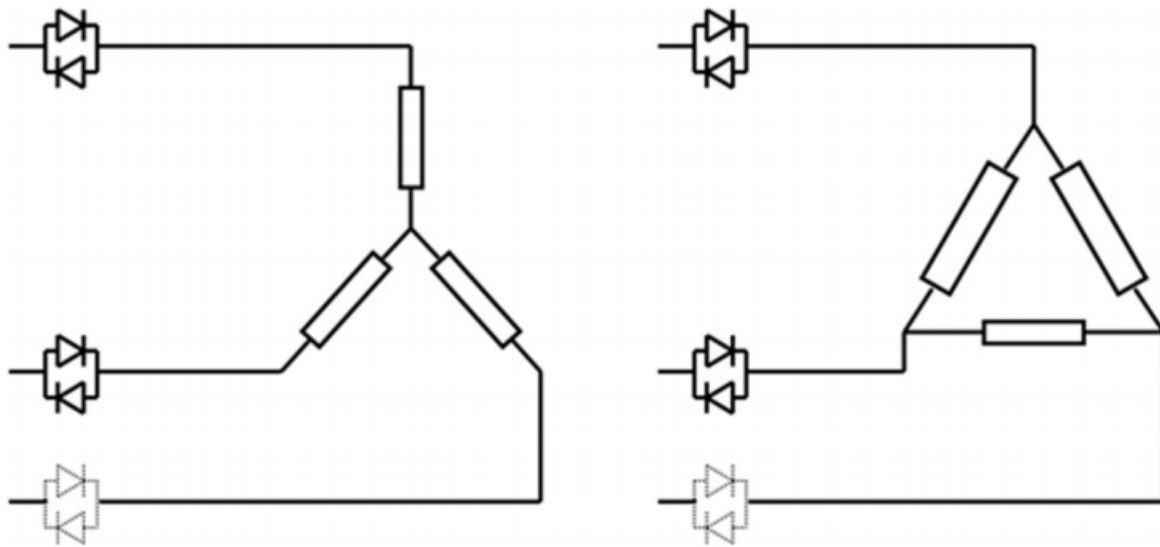


Fig. 9 Driefase elementen in een spaarschakeling, ster zonder nul of gesloten delta

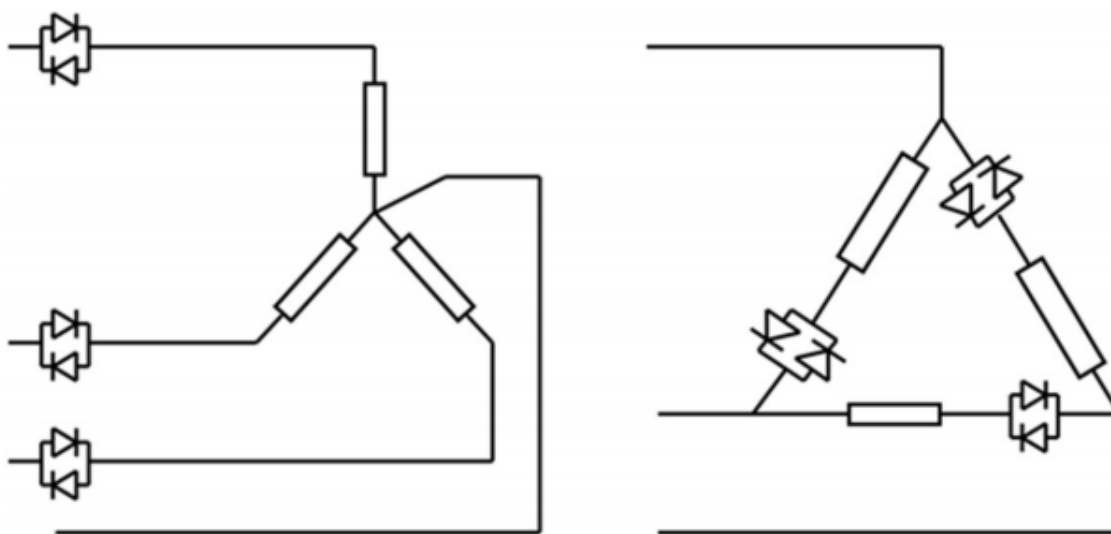
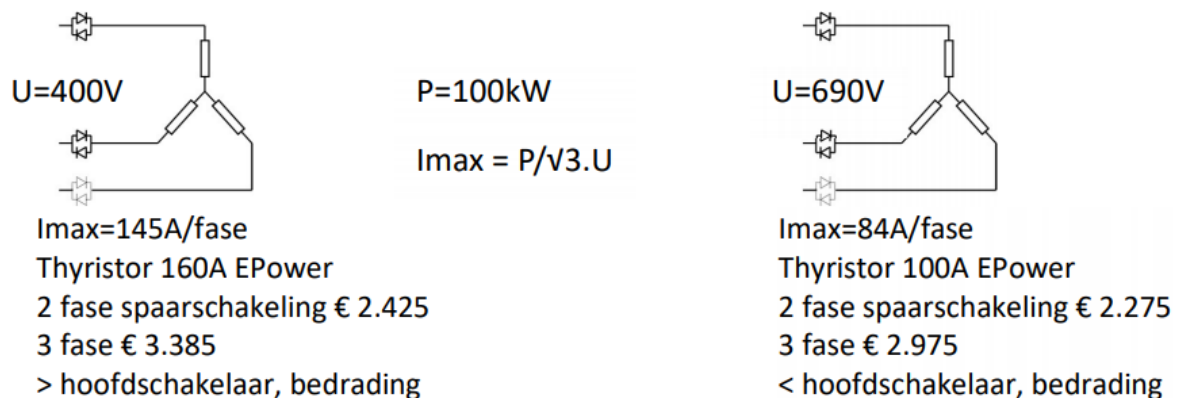


Fig. 10 Driefase elementen in ster met nul of open delta schakeling

De voedingsspanning heeft een grote invloed op de kosten van de installatie. In zijn algemeenheid geldt hoe hoger de voedingsspanning hoe lager de kosten. Allereerst omdat de maximaal benodigde stroom de prijs van de thyristorunit en het overige schakelmateriaal bepaalt en ten tweede omdat de diameter van transformatorspoelen, bus-bars of bekabeling lager wordt.

Zo hebben wij bij een installatie van 2,2 MW een bedrag van € 125.000 kunnen besparen door van de standaard 400V over te gaan naar 690V. Dit valt nog binnen de laagspanningsrichtlijn die tot 1000V geldt, en is er geen middenspanning bevoegd personeel nodig om de installatie te mogen bedienen of onderhouden.

Maar ook bij lagere vermogens kan met een hogere voedingsspanning aanzienlijk op de kosten worden bespaard blijkt uit het volgende voorbeeld:



Met zekerheid zal het gebruik van elektrische energie voor verwarming van industriële processen het komende decennium enorm toenemen. Uit dit artikel mag geconcludeerd worden dat het goed is om u te laten adviseren door specialisten op het gebied van elementen en aansturing om tot de juiste keuze van element en thyristorunit te komen en de ROI van de totale installatie te optimaliseren.