

# Kierunki rozwoju technik i technologii zgrzewania na przykładach rozwiązań firmy Tecna

Development directions of bonding technique and technology in the examples of Tecna solutions

## Streszczenie

W artykule przedstawiono podstawowe informacje techniczne na temat zgrzewarek inwerterowych oraz wykaz ich zalet w stosunku do tradycyjnych zgrzewarek prądu zmiennego. Ponadto opisany został system *Tecna Ethernet* przeznaczony do programowania parametrów, archiwizacji i analizy statystycznej wykonywanych zgrzeń, który staje się niezbędnym rozwiązaniem w przedsiębiorstwach, gdzie pracuje dużo zgrzewarek.

## Abstract

The article presents basic technical information on inverter welders and a list of their advantages over traditional AC welding machines. In addition, the article describes *Tecna Ethernet* system designed for programming of welding parameters, archiving and statistical analysing of performed welds, which becomes an essential solution for businesses using a large amount of welding machines.

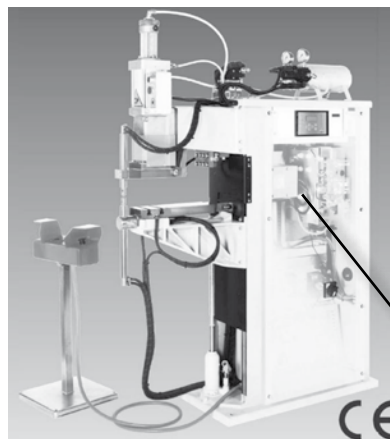
## Zgrzewarki inwerterowe

Spełnienie nowych, coraz wyższych wymagań w dziedzinie technologii zgrzewania jest możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych zgrzewarek i urządzeń kontrolno-pomiarowych. Dlatego zagadnieniami ciągłego rozwoju urządzeń zgrzewalniczych zajmuje się wiele placówek badawczych oraz światowych producentów tych urządzeń. Ciągły rozwój urządzeń do zgrzewania wiąże się nie tylko ze wzrostem wymagań technologicznych, ale także ze stałym postępowaniem w elektronice i energoelektronice [1].

Przełom konstrukcji zgrzewarek spowodowany był pojawieniem się pod koniec lat 80. wysokonapięciowych tranzystorów o dużej obciążalności prądowej. Dzięki tym elementom czołowi producenci wprowadzili do produkcji zgrzewarki inwerterowe o częstotliwości przetwarzania 600÷2000 Hz (aktualnie Tecna oferuje częstotliwość w zakresie 1000÷4000 Hz), wyposażone w szybkie diody prostownicze w obwodzie wtórnym (rys. 1).

Zgrzewarki te wyróżniają się lepszymi właściwościami energetycznymi (współczynnik mocy ok. 0,95), technologicznymi (większa dynamika procesu niż w klasycznych zgrzewarkach prądu stałego i przemiennego), a także możliwość kształtowania charakterystyki przebiegu prądu zbliżonej do zgrzewarek kondensatorowych [1].

W zgrzewarkach z przemianą częstotliwości występuje kilka etapów przetwarzania energii. W pierwszym



Widoczny blok przetwarzania prądu zgrzewania

Rys. 1. Zgrzewarka inwerterowa o mocy 180 kVA produkcji firmy Tecna  
Fig. 1. 180 kVA inverter welder made by Tecna

Inż. Mirosław Nowak (EWE), mgr inż. Mariusz Nowicki (EWE) – Technika Spawalnicza, Poznań.

etapie przetwarzania w układzie prostownika trójfazowego zasilanego z sieci trójfazowej i filtrze pojemnościowym energia prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz ulega zmianie na energię prądu stałego i zostaje zmagazynowana w kondensatorze. W drugim etapie przetwarzania, w falowniku opartym na tranzystorach IGBT, dokonywana jest zmiana napięcia stałego na jednofazowe napięcie przemiennie o częstotliwości np. 1000 Hz.

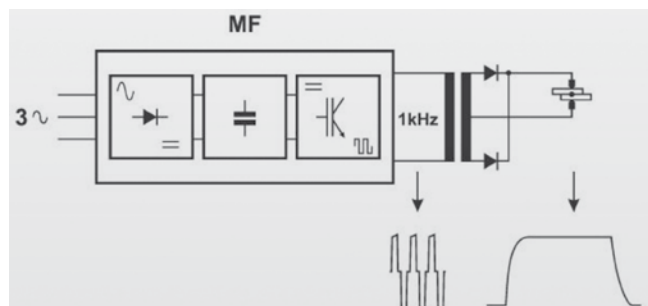
Kolejnym etapem przetwarzania jest obniżenie przemiennego napięcia jednofazowego w transformatorze średniej częstotliwości do napięcia zgrzewania, a tym samym uzyskanie odpowiedniego prądu zgrzewania w kA. W dalszej kolejności, w module prostowniczym po stronie wtórnej transformatora dokonuje się dwupołkowe prostowanie prądu zgrzewania, w wyniku czego powstaje prąd stały o niewielkich tętnieniach. Finalnym etapem przetwarzania, jak we wszystkich zgrzewarkach oporowych, jest zmiana prądu zgrzewania na energię cieplną wydzielaną w tworzonej zgrzeinie (rys. 2).

Zgrzewarki inwertorowe (rys. 3) oparte na koncepcji zmiany standardowego zasilania obwodu wtórnego prądem zmiennym na prąd stały charakteryzują się wieloma nowymi, dotychczas niemożliwymi do osiągnięcia cechami i parametrami, takimi jak:

1 zmniejszenie poboru mocy oraz obciążenia prądowego sieci – moc transformatora energetycznego

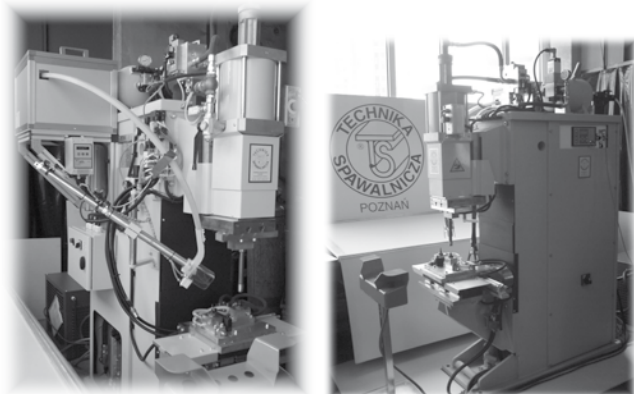
zasilającego zgrzewarkę, przy tych samych wymaganiach dotyczących obwodu wtórnego, jest dla zgrzewarki prądu zmiennego aż czterokrotnie większa niż moc potrzebna do zasilania zgrzewarki inwertorowej. Tablica I obrazuje przykładowe wartości prądu zgrzewania wymaganego w obwodzie wtórnym obu zgrzewarek,

- 2 wykonanie tej samej jakości zgrzeiny przy znacznie mniejszym prądzie zgrzewania niż na zgrzewarce konwencjonalnej (rys. 4),
- 3 symetryczne obciążenie wszystkich trzech faz sieci zasilającej,
- 4 znikomy spadek napięcia wtórnego wraz ze wzrostem długości ramion, co daje oszczędności zarówno energetyczne, jak i zużycia elektrod. Pozwala też na uzyskanie dużo większych wartości prądu zgrzewania dla długich ramion, co w konsekwencji pozwala na zastosowanie zgrzewarki inwertorowej o mniejszej mocy nominalnej niż użyta w takim przypadku zgrzewarka prądu zmiennego, a w niektórych przypadkach pozwoli na zgrzanie elementów w dużej odległości od korpusu zgrzewarki, co w przypadku zgrzewarki klasycznej wymagałoby by użycia bardzo dużego transformatora (rys. 5),
- 5 wysoka wartość  $\cos \varphi$ , współczynnik mocy osiąga wartość ok. 0,95,
- 6 zmniejszenie negatywnego efektu wpływu pola magnetycznego podczas zgrzewania,



Rys. 2. Schemat ideowy przetwarzania prądu w zgrzewarce inwertorowej

Fig. 2. The scheme of current transformation in the inverter welder



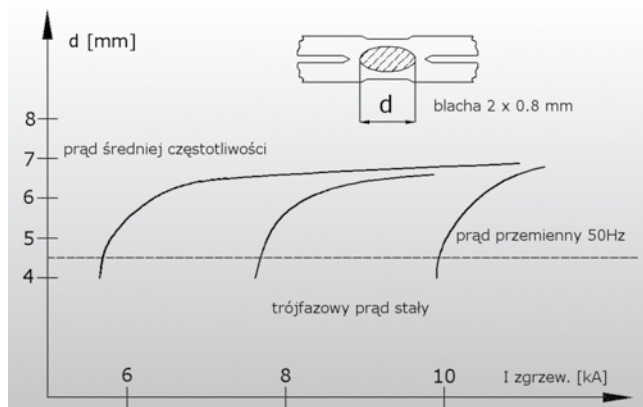
Rys. 3. Wdrożone do produkcji stanowisko do zgrzewania nakrętek M14 do blach o grubości powyżej 6 mm przy zastosowaniu zgrzewarki inwertorowej oraz wibracyjnego podajnika nakrętek

Fig. 3. Produced station for M14 screw cap and over 6 mm thick plate bonding using inverter welder and vibrator cap supplier

Tablica I. Przykładowe wartości prądu zgrzewania wymaganego w obwodzie wtórnym obu zgrzewarek

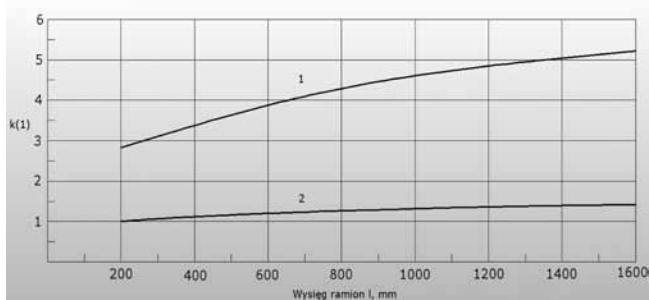
Table I. Examples of necessary in the secondary circuit current in both welding machines

Rodzaj prądu zgrzewania	Natężenie prądu zgrzewania kA	Napięcie wtórne V	Pierwotny prąd fazowy A	Moc transformatora energetycznego %
50 Hz	40	11,9	1250	422
Prąd stały	40	4,0	296	100



Rys. 4. Zależność średnicy jądra zgrzeiny od natężenia prądu zgrzewania przy stosowaniu zgrzewarek: z wewnętrzną przemianą częstotliwości, trójfazowych prądu stałego i jednofazowych prądu przemiennego [1]

Fig. 4. Function of weld nugget diameter and current for using welding machines with internal frequency change, three-phase direct current, and single-phase alternating current [1]



**Rys. 5.** Zależność spadku napięcia od długości stosowanych ramion w zgrzewarkach [2]; 1 – spadek napięcia dla zgrzewarki jednofazowej prądu zmiennego, 2 – spadek napięcia dla zgrzewarki inwerterowej prądu stałego

**Fig. 5.** Function of voltage decrease and welding machine arm length [2]; 1 – voltage decrease for single-phase alternating current, 2 – voltage decrease for direct current inverter welding machine

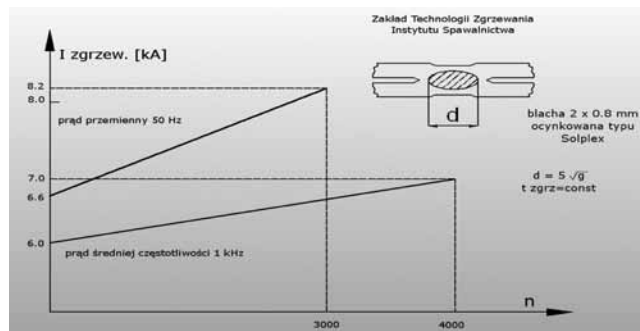
7 regulacja czasu zgrzewania z dokładnością do 1 ms podczas gdy dotychczasowe możliwości zgrzewarek prądu zmiennego kończyły się na wartości 10 ms (a najczęściej 20 ms),

Dwudziestokrotne skrócenie kontrolowanego przez sterownik czasu zgrzewania, wysoka precyzja regulacji natężenia prądu oraz możliwość kształtowania charakterystyki przebiegu prądu zbliżonej do zgrzewarek kondensatorowych powodują, że zgrzewarki inwerterowe stają się szczególnie przydatne do wykonywania mikrozgrzewań, gdzie dotychczas najpewniejsze były zgrzewarki kondensatorowe. Dają możliwość zgrzewania materiałów trudno zgrzewalnych, m.in. takich jak miedź, aluminium i jego stopy, a także materiałów o różnych właściwościach fizycznych, które wymagają skoncentrowanej energii dostarczonej w krótkim czasie (firma Resistronic – producent najwyższej klasy urządzeń do mikrozgrzewania w ciągu kilku lat zmieniła całkowicie swoją ofertę, wprowadzając w miejsce dotychczasowych zgrzewarek kondensatorowych nowe, inwerterowe źródła zgrzewalnicze),

- 8 uzyskanie złączy o większych wymiarach bez ryzyka powstawania wyprysków,
- 9 wyższa jakość i estetyka zgrzeiny,
- 10 zwiększenie trwałości elektrod ze względu na zauważalne obniżenie prądu zgrzewania w przypadku zgrzewarki inwerterowej,
- 11 ze względu na kilkakrotnie mniejszą masę transformatora pojawiła się możliwość szerokiego zastosowania zgrzewarek inwerterowych na stanowiskach zrobotyzowanych.

Jak każda nowa technologia, tak i zgrzewarki inwerterowi poza wieloma pozytywnymi zmianami opisanymi powyżej, mają też wady.

Jedynymi zauważalnymi dotychczas wadami zgrzewarek inwerterowych są wysoka cena oraz złożona konstrukcja. Należy jednak przewidywać, że w przypadku upowszechnienia tych zgrzewarek w znaczący sposób obniżona zostanie cena samego urządzenia i uproszczony zostanie sposób wytwarzania.



**Rys. 6.** Zależność trwałości elektrod oraz zużycia energii przy zastosowaniu zgrzewarek inwerterowych i zgrzewarek prądu przemiennego na przykładzie zgrzewania blach ocynkowanych typu Solplex [1]  
**Fig. 6.** Function of electrodes life and energy consumption for inverter welding machines and AC welding machines galvanized Solplex plates [1]

## Nowoczesne techniki zarządzania zgrzewarkami oporowymi

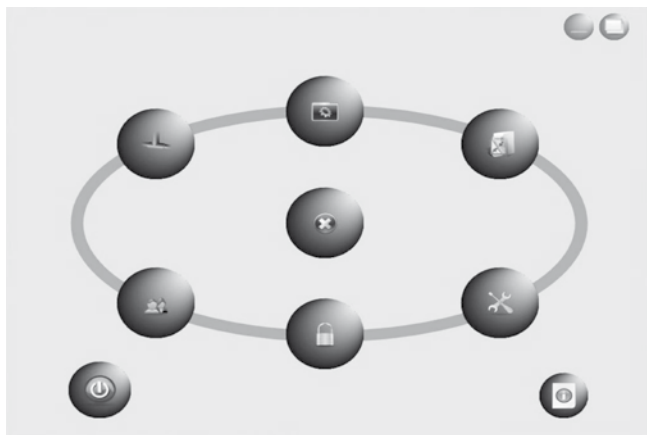
Pierwsze lata XXI w. przyniosły, na niespotykaną dotąd skalę, rozwój przemysłu motoryzacyjnego. Technologia łączenia elementów metalowych za pomocą zgrzewania oporowego stała się bardzo popularna w tej branży stanowiąc aktualnie główny sposób łączenia metalowych elementów samochodu. Stale rosnące wymagania jakościowe dotyczące połączeń zgrzewanych i wynikająca z potrzeby łączenia nowych materiałów konstrukcyjnych konieczność zagwarantowania stabilnych i powtarzalnych parametrów spowodowały powstanie nowej generacji sterowników mikroprocesorowych, które mogą zapewnić niezwykłą precyzję nastawianych parametrów.

Powstające linie technologiczne bardzo często składają się z kilkudziesięciu zgrzewarek wymagających stałej kontroli parametrów prowadzonej przez nadzór technologiczny.

Konieczna jest również systematyczna kontrola elektrod oraz planowa ich wymiana.

Bardzo często zdarza się, że wykonywane w dziesiątkach tysięcy zgrzeiny wymagają również archiwizacji dla potrzeb odbiorcy. Realizacja tego przedsięwzięcia w tradycyjnych warunkach, czyli przy obsłudze indywidualnej każdej zgrzewarki, staje się bardzo uciążliwa. Dlatego, wychodząc naprzeciw użytkownikom takich rozbudowanych linii zgrzewalniczych Tecna stworzyła program komunikacyjny *Tecna Ethernet* oparty na protokole TCP/IP udostępniającym możliwość transferu informacji pomiędzy poszczególnymi sterownikami znajdującym się w wyodrębnionej wspólnej sieci komunikacyjnej.

Program może zostać zainstalowany na wytypowanym komputerze np. w biurze technologicznym lub dziale produkcyjnym.



Rys. 7. Ekran główny programu Tecna Ethernet  
Fig. 7. Main menu of Tecna Ethernet software

Zadaniem tego systemu jest umożliwienie zdalnego programowania parametrów zgrzewania oraz kontroli realizowanych w trakcie zgrzewania parametrów nawet na 254 jednostkach zgrzewających połączonych wewnątrz lokalnej niezależnej sieci ethernetowej.

Tecna Ethernet nie tylko zarządza programowaniem wszystkich jednostek połączonych ze sobą w sieć, ale także może być wykorzystany do tworzenia pełnej dokumentacji informacji wyjściowych, pozwalając użytkownikowi na archiwizowanie wszystkich zaprogramowanych i zastosowanych parametrów wykonanych zgrzein. Oferuje on również możliwość tworzenia kopii zapasowych wszystkich programów zapisanych w sterownikach.

Ekran główny umożliwia użytkownikowi w zależności od posiadanego poziomu dostępu korzystanie z różnych oferowanych opcji, takich jak archiwizacja, programowanie lub prowadzenie statystyki parametrów.

Zastosowanie programu Tecna Ethernet pozwala na zdalne programowanie wszystkich dostępnych na określonym sterowniku parametrów.

Spośród wielu dostępnych opcji możliwe jest np. nastawienie takich parametrów jak czas docisku wstępnego, czas opóźnienia przekucia, czas podgrzewania i wygrzewania, czas chłodzenia, czas zgrzewania, prądy zgrzewania, energie zgrzewania, czas narastania i opadania prądu, ilości impulsów, czas docisku końcowego, limity prądowe i wiele innych parametrów wpływających na jakość zgrzewania.

Dostęp do regulacji parametrów jest ułatwiony dzięki zastosowaniu w programie Tecna Ethernet szaty graficznej odpowiadającej każdemu sterownikowi w rzeczywistości.

Zarządzanie programem Tecna Ethernet może być realizowane z trzech poziomów dostępu. Najniższy, tzw. podstawowy umożliwia operatorowi czytanie parametrów oraz ich analizę wewnątrz poszczególnych sterowników, bez możliwości ingerencji w parametry zgrzewania. W kolejnym użytkownik zaawansowany ma uprawnienia takie, jak w podstawowym oraz możliwość konsultowania i nastawiania parametrów



**Program** – wybór programu, **Setup** – ustawienie wstępne, **Stepper** – funkcja narostu prądu wraz z postępującym zużyciem elektrod, **Features** – ustawienia serwisowe, **Diagnostic** – diagnostyka, **Program Sequence** – praca w zamkniętym cyklu przy różnych parametrach dla każdej zgrzeiny, **Dressing** – programowanie ostrzenia cyklu elektrod, **Thickness sense** – pomiar grubości

Rys. 8. Przekształcony ekran sterownika wybranej zgrzewarki nr 192.168.2.11

Fig. 8. Changed control menu of selected no 192.168.2.11 welding machine

zgrzewania. Najwyższy ma wszystkie uprawnienia poprzedniego oraz dostęp do wszelkich informacji serwisowych i kodowych.

Magazynowanie danych poszczególnych sterowników, czyli tzw. archiwizacja parametrów (rys. 9) umożliwia zebranie wszystkich parametrów stosowanych w sterownikach łącznie z danymi dotyczącymi zgrzeiny. Ponieważ każda wykonana zgrzeina jest opisana również czasem wykonania, możliwe staje się w przypadku wykrycia nieprawidłowości w zgrzeinach odtworzenie każdego procesu i ustalenie czasu i danych dotyczących niepoprawnie wykonanych zgrzein.

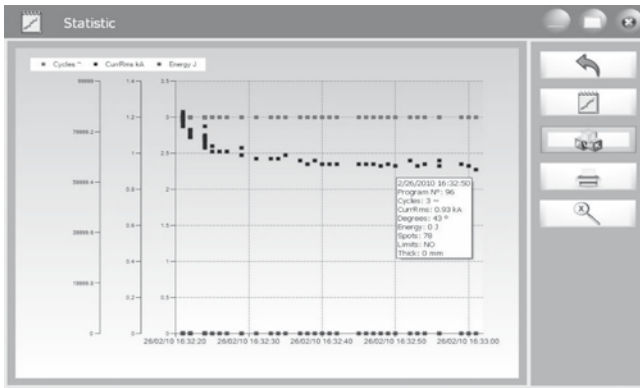
System Tecna Ethernet jest przygotowany do blokowania i izolowania z sieci wybranych jednostek w przypadku wystąpienia na nich awarii lub niebezpieczeństwa dla zdrowia i życia personelu obsługującego.

Tecna Ethernet działa na standardach TCP/IP. Program komunikuje się ze sterownikiem przez interfejs zamieszczony na sterowniku. Działa on jak most łączący pomiędzy wewnętrznym protokołem sterownika a zewnętrzną lokalną siecią, do której podłączone

Id	Date	Program nr	Cycles	Currents kA	Degrees °	Energy J	Spots	Length	Thick mm
1	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.8	90	0	1	NO	0
2	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.56	93	0	2	NO	0
3	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.6	93	0	3	NO	0
4	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.47	92	0	4	NO	0
5	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.33	92	0	5	NO	0
6	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.47	91	0	6	NO	0
7	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.4	91	0	7	NO	0
8	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.47	92	0	8	NO	0
9	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.53	92	0	9	NO	0
10	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.42	91	0	10	NO	0
11	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.36	90	0	11	NO	0
12	2/26/2010 16:31:24	96	3	1.37	90	0	12	NO	0
13	2/26/2010 16:31:28	96	3	1.36	91	0	13	NO	0
14	2/26/2010 16:31:28	96	3	1.33	90	0	14	NO	0
15	2/26/2010 16:31:30	96	3	1.31	90	0	15	NO	0
16	2/26/2010 16:31:30	96	3	1.33	90	0	16	NO	0
17	2/26/2010 16:31:33	96	3	1.31	90	0	17	NO	0
18	2/26/2010 16:31:33	96	3	1.39	91	0	18	NO	0
19	2/26/2010 16:31:36	96	3	1.69	93	0	19	NO	0
20	2/26/2010 16:31:36	96	3	1.36	91	0	20	NO	0

Rys. 9. Przykładowa tabela archiwizacji parametrów zgrzewania na zgrzewarce 192.168.2.11 z dnia 26.02.2010 od godz. 16.31.24 do 16.31.36

Fig. 9. Example of table for welding parameters storage for 192.168.2.11 welding machines collected 26.02.2010 between 16:31:24 and 16:31:36



**Rys. 10.** Wykres statystyczny przeprowadzonego zgrzewania z zadanymi parametrami prądu zgrzewania o wartości 0,93 kA w czasie 60 ms  
**Fig. 10.** Diagram of welding with the 0,93 kA current and 60 ms welding time

są jednostki zgrzewalnicze. Wszystkie sterowniki w obrębie sieci są „niewolnikami”, tj. mogą brać udział w operacji tylko i wyłącznie, jeśli zostaną „poproszone” przez program zarządzający. Istotne dla poprawnego działania programu Tecna Ethernet jest, aby sieć obsługująca zgrzewarki nie była połączona z żadną inną siecią działającą w obrębie zakładu.

Program Tecna Ethernet może przyjąć do współpracy praktycznie wszystkie sterowniki firmy Tecna mające możliwość odczytu parametrów rzeczywistych, tzn. TE500, TE550, TE600, TE450, TE470, TE700, TE710.

Istotną cechą programu jest jego zdolność, na podstawie zgromadzonych danych, do prowadzenia statystyki określonej zgrzeiny tzn. realizowania odczytów w porządku chronologicznym oraz tworzenie wykresów wzajemnych zależności wybranych parametrów zgrzewania.

## Wnioski

Stalą tendencją rozwoju technologii zgrzewania elementów metalowych będzie coraz szerszy zakres stosowania zgrzewarek inwerterowych, których najważniejszymi zaletami z perspektywy obecnych wymogów są:

- mniejszy pobór mocy i obciążenia prądowego sieci,
- wyższa jakość wykonanych zgrzein,
- wzrost precyzji nastawiania parametrów zgrzewania,
- przydatność do zgrzewania materiałów trudno spawalnych,
- spadek zużycia elektrod,
- spadek negatywnego efektu wpływu pola magnetycznego podczas zgrzewania korzystny zarówno dla samego zgrzewania, jak i dla operatora.

W przedsiębiorstwach, w których jest dużo zgrzewarek oporowych i gdzie jakość wykonywanych zgrzein decyduje o bezpieczeństwie użytkowników zgrzanych elementów, konieczna stanie się centralna koordynacja pracy tych maszyn, rygorystyczny system wprowadzania parametrów tylko przez jednostki uprawnione oraz pełna archiwizacja wykonanych zgrzein. Umożliwi to elektroniczny system nadzoru technicznego prowadzony w sieci „ethernetowej”, czego przykładem może być opisany program *Tecna Ethernet*.

## Literatura

- [1] Piątek M.; Urządzenia stosowane w procesie zgrzewania rezystancyjnego; Zgrzewanie Nr 1/1/2002.
- [2] Klimpel A.; Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali; Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 1999.
- [3] Materiały firmowe firmy Tecna.

## Zapowiedź wydawnicza

Paweł Cegielski, Andrzej Kolasa, Krzysztof Skrzyniecki, Paweł Kołodziejczak

### Komputerowy system do badań właściwości statycznych i dynamicznych źródeł energii elektrycznej do spawania łukowego

#### Streszczenie

Od kilku lat w Zakładzie Inżynierii Spajania Politechniki Warszawskiej prowadzone są prace badawczo-konstrukcyjne nad opracowaniem i wdrożeniem do praktyki systemu pomiarowego dla potrzeb badań właściwości statycznych i dynamicznych urządzeń zasilania łuku spawalniczego. Pierwsze wersje tego systemu były omawiane fragmentarycznie w publikowanych wcześniej opracowaniach. Najnowsza jego wersja jest połączeniem wirtualnego przyrządu pomiarowego ze sterowanym obciążeniem rezystancyjnym. W artykule omówiono najważniejsze założenia konstrukcyjne oraz praktyczną realizację opracowanego, unikalnego systemu pomiarowego.

Artykuł zostanie opublikowany w numerze 1/2012 Przeglądu Spawalnictwa.